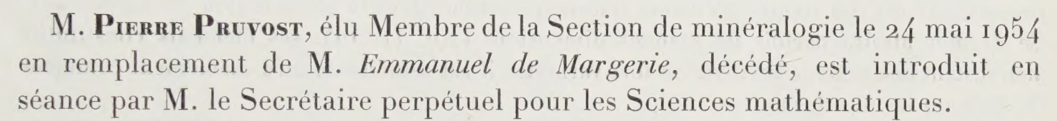
ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 2 AOUT 1954.

PRÉSIDENCE DE M. GEORGES DURAND-VIEL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.



M. **Pierre Pruvost**, élu Membre de la Section de minéralogie le 24 mai 1954 en remplacement de M. *Emmanuel de Margerie*, décédé, est introduit en séance par M. le Secrétaire perpétuel pour les Sciences mathématiques.

M. le **Président** donne lecture du décret en date du 19 juillet 1954 approuvant son élection, et l'invite à prendre place parmi ses Confrères.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Ombellifères. Développement de l'embryon chez le* Torilis Anthriscus *Gmel.* Note de M. **René Souèges**.

Le *Torilis* est une Ombellifère de la tribu des Caucalinées comme la Carotte; dans les deux plantes les lois embryogéniques sont analogues, les mêmes que celles qui ont déjà été observées chez deux Amminées, l'*Apium inundatum* et le Cerfeuil cultivé. Entre les tribus de la famille, il apparaît qu'il ne résiderait pas de différences correspondant à celles qui sont tirées des caractères purement organographiques du fruit.

La plus simple et la plus rationnelle classification des Ombellifères est celle qui a été adoptée par Ph. Van Tieghem (1) et par L. Guignard (2). Elle repose sur le mode d'inflorescence en ombelles simples ou composées, sur la présence de côtes primaires et secondaires à la surface de l'achaine, sur la forme arrondie, aplatie latéralement ou dorsalement, qu'offre la section de ce fruit. Elle aboutit à la séparation de sept tribus à peu près dénommées de la même manière par les deux auteurs. Il n'est pas indifférent de savoir si les différences déjà observées dans les processus embryogéniques chez quelques espèces d'Ombellifères s'accordent avec les caractères différentiels, de pure morphologie externe, qui ont servi à l'établissement des divisions taxinomiques au sein de la famille. Jusqu'ici les recherches n'ont pas été assez nombreuses pour que l'on puisse se prononcer sur ce sujet. Mes observations sur l'*Apium inundatum*

(1) Ph. Van Tieghem, *Éléments de Botanique*, Paris, 1898 et 1906.

(2) L. Guignard, *Le Jardin botanique de l'Ecole de Pharmacie*, Paris, 1903.

Reich. [3] et l'*Anthriscus Cerefolium* Hoffm. [4] ont fait ressortir les analogies profondes qu'offrent ces deux plantes, de la tribu des Amminées, avec le *Daucus Carota*, de la tribu des Caucalinées, antérieurement examiné par H. A. Borthwick [5]. L'étude d'une autre Caucalinée, le *Torilis Anthriscus*, permettra-t-elle de confirmer ces rapprochements ?

La figure 3 représente la tétrade linéaire *première*, en C_2, issue de la division des deux éléments superposés du proembryon bicellulaire (*fig.* 1), la division de la cellule basale précédant celle de la cellule apicale (*fig.* 2). Le proembryon octocellulaire de la figure 6 résulte à son tour de la segmentation transversale des éléments de la tétrade; les cellules tirant origine de *cb* se segmentent encore avant celles qui proviennent de *ca*. Les quatre éléments que produit celle-ci, *l* ou *ce*, *l'* ou *cf*, *m* et *ci*, constituent la tétrade *seconde*, de même catégorie que la tétrade première; ces quatre éléments engendrent seuls l'embryon proprement dit, les quatre éléments inférieurs entrent dans la construction du suspenseur. Ce dernier atteint parfois de grandes dimensions (*fig.* 11, 12); ses éléments constitutifs manifestent une activité de division fort variable; il est difficile de dire exactement comment ils dérivent les uns des autres.

Les figures 7, 8, 10 montrent comment les deux éléments supérieurs *l* et *l'* de la tétrade seconde, en se segmentant longitudinalement, produisent deux dyades superposées correspondant à deux quadrants supérieurs et à deux quadrants inférieurs.

Les cloisons dans les quadrants supérieurs sont généralement anticlines à direction horizontale (*fig.* 13 à gauche, 16, 17, 18, 19 à droite, 20) ou verticales (*fig.* 15 à droite), rarement périclines (*fig.* 19 à gauche) ; les cloisons suivantes se succèdent irrégulièrement ; un tissu épiphysaire (*te*, *fig.* 26) apparaît nettement quand, semble-t-il, les premières cloisons sont tout d'abord anticlines à direction horizontale. Les quadrants supérieurs engendrent la partie cotylée *s. lato* ; en 26, se voit nettement la séparation de l'épicotyle (*te*) et de la partie cotylée *s. stricto*. Dans les quadrants inférieurs, le cloisonnement est, en général, longitudinal (*fig.* 13, 15 à 18), quelquefois oblique (*fig.* 14) ; les divisions transversales apparaissent ensuite (*fig.* 19, 20, 22, 25) séparant deux assises (*fig.* 24, 25) ; plus tard il s'en constitue un plus grande nombre ; ces assises contribuent à la génération de la partie supérieure de l'hypocotyle, c'est-à-dire au primordium de la tige hypocotylée.

L'élément *m* de la tétrade (*fig.* 6 à 8) se segmente longitudinalement (*fig.* 9, 10, 11, 12, 16) tantôt plus ou moins obliquement (*fig.* 13, 15, 17, 18). A ces premières divisions en succèdent de nouvelles, verticales généralement (*fig.* 19, 20, 23, 24), puis transversales (*fig.* 22, 25, 26). Les assises ainsi constituées correspondent à la partie inférieure de l'hypocotyle, c'est-à-dire au primordium de la racine. Les cellules voisines de l'axe dans l'assise la plus inférieure peuvent être considérées comme les initiales de l'écorce de la racine. Dans tous les cas, *ci* (*fig.* 6, 7) se partage transversalement en deux éléments superposés *n* et *n'* (*fig.* 8, 9, 10), *n* engendre la partie centrale de la coiffe (*fig.* 20 à 26), *n'* participe à la construction du suspenseur, mais il est difficile de dire dans quelle mesure.

En somme, tous les détails de cette histoire ressemblent étrangement à ceux qui ont été donnés au sujet du *Daucus Carota*, de l'*Apium inundatum* et de l'*Anthriscus Cerefolium*. Les lois embryogéniques dans toutes ces espèces sont

(3) R. Souèges, *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 128.
(4) R. Souèges, *Comptes rendus*, **239**, 1954, p. 141.
(5) H. A. Borthwick, *Bot. Gazet.*, **92**, 1931, p. 23.

fondamentalement les mêmes. On peut simplement faire remarquer que la disposition en 4 octants supérieurs et 4 octants inférieurs, particulièrement utile à l'établissement de la correspondance des formes à la 4ᵉ génération, n'a été observée que chez l'*Apium*; que le blastomère *ci*, dans quelques exemples, ou sa cellule-fille supérieure *n*, dans d'autres, produit le primordium de la coiffe; qu'un proembryon octocellulaire à sept étages avec deux éléments supérieurs juxtaposés, a été uniquement rencontré chez le *Daucus*, avec quelques autres formes aberrantes. Mais ce ne sont là que des

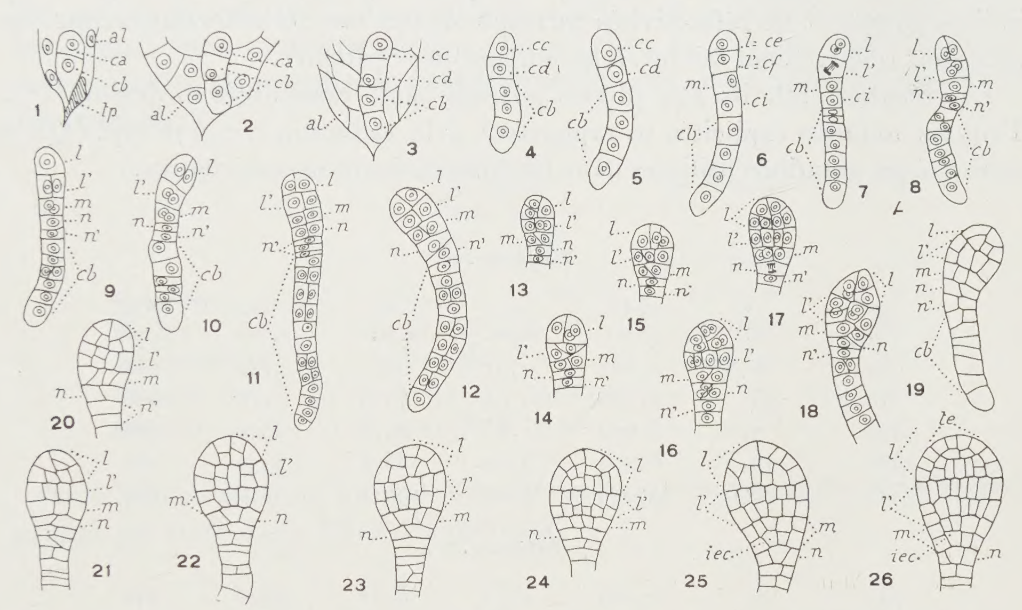


Fig. 1 à 26. — *Torilis Anthriscus* Gmel. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca*, cellule apicale du proembryon bicellulaire; *cb*, cellule basale ou partie inférieure du suspenseur; *al*, albumen; *cc* et *cd*, cellules-filles de *ca*, mère de la tétrade seconde; *l* ou *ce*, cellule-fille supérieure de *cc* ou partie cotylée *s. lato*; *l'* ou *cf.*, cellule-fille inférieure de *cc* ou partie supérieure de l'hypocotyle; *m*, cellule-fille supérieure de *cd* ou partie inférieure de l'hypocotyle; *ci*, cellule-fille inférieure de *cd*, mère de *n* et *n'*; *n*, partie centrale de la coiffe; *n'* et dérivés, éléments du suspenseur; *iec*, initiale de l'écorce de la racine; *te*, tissu épyphisaire. G = 320.

différences secondaires, exceptionnelles; les caractères embryogéniques des 4 plantes sont essentiellement les mêmes. Entre les Amminées et les Caucalinées, les particularités différentielles purement ornementales du fruit n'ont certainement pas, du point de vue d'une classification naturelle, phylogénétique, l'importance qu'on leur attribue.

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *Rotativités des homologues supérieurs de l'éthylène.* Note de MM. **René de Mallemann, François Suhner** et **Jean Grange.**

La rotativité magnétique de l'éthylène gazeux avait été mesurée au cours des premières recherches entreprises par l'un de nous en collaboration avec

P. Gabiano et reprises dans la suite ([1]); le résultat se trouve en très bon accord avec le nombre obtenu tout récemment par L. R. Ingersoll à l'aide de son procédé d'inscription photoélectrique.

Les cinq carbures suivants : propène, butène 1, butadiène 1-3, pentène 1, isoprène (2 méthyl, 1-3 butadiène), ont été observés en phase *gazeuse* et en phase *liquide* à diverses températures.

Comme précédemment, les rotations et les densités furent mesurées chaque fois dans des conditions thermodynamiques respectivement identiques; les indices gazeux et les réfractivités correspondantes ont été déterminés sous des pressions relativement faibles, à la température ordinaire.

Les résultats relatifs aux phases *gazeuses* sont rassemblés ci-dessous ([2]). Tous les nombres explicités se rapportent à la radiation $\lambda = 578$ mμ. (On a conservé les notations utilisées dans les communications antérieures.)

Propène.

p mm.	t °C.	$d_p^t\,10^3$ g/cm³.	2ρ degré.	Λ_p^t μ. min.	Λ_{760}^0 μ. min.	$[\Lambda]_M$ μ. rad.
766	16,8	1,881	0,91	39,7	$41,9^5$	258
818,5	25	1,886	0,94	$40,9^5$	$41,6^5$	266
1479	9,5	3,675	1,85	80,6	43,0	268^5
2482	16,5	6,174	3,10	135,1	44,0	268
3546	16,6	9,089	4,56	199	45,3	268

Butène 1.

754	20	2,409	1,15	50,1	54,4	340
855	7,1	2,891	1,38	60,4	$55,2^5$	340
908,1	15,9	2,978	1,42	61,9	55,0	339
1226,5	6,9	4,239	2,02	88,3	56,2	340
1374	20	4,566	2,17	94,8	$56,4^5$	339

Butadiène 1-3.

762,7	20,5	2,344	1,60	69,7	71,9	468
1332,8	20,7	4,303	2,89	126	74,9	461
1403,3	20,6	4,479	3,03	132	74,5	464

Pentène 1.

1069,8	51,5	4,165	1,58	76,9	65,2	377
1182,7	54	4,578	1,94	$84,5^5$	65,3	377
1183,4	53,8	4,583	1,95	85,2	65,7	379
1185	53,6	4,592	1,95	85,2	65,6	378^5

([1]) *Ann. de Phys.*, 10e série, **20**, 1933, p. 68, 130; *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2067.

([2]) Pour les détails techniques, nous devons renvoyer au travail de J. Grange : *Diplôme d'Études Supérieures*, Nancy, 1953.

Isoprène.

1044,7	52	3,86	2,18	95,0	82,5	487
1047,7	53,2	3,86	2,18	95,0	82,6	487
1073,1	56,6	3,91	$2,22^5$	97,0	83,1	491
1080,4	55,4	3,95	$2,23^5$	97,4	82,7	488

On voit que la constante de Verdet réduite Λ_0^{760} augmente avec la pression. Par contre, la rotativité $[\Lambda]_M$ (calculée à partir de la densité expérimentale *homologue*) varie nettement moins : au surplus, le sens des écarts n'est pas systématique et leur ordre de grandeur ne dépasse guère celui de la précision des mesures.

	Dispersions rotatoires		Indices de réfraction	Réfractivités
	$\frac{546}{578}$	$\frac{436}{578}$.	n_0^{760} (jaune).	$[R]_M$.
Propène	1,13	1,87	$1,00109^9$	46,7
Butène 1	1,13	1,87	$1,00139^5$	60,1
Butadiène 1-3	$1,13^5$	–	1,0014	60,3
Pentène	1,13	1,88	–	–
Isoprène	$1,13^5$	1,93	–	–

Avec le butadiène, les franges d'interférences étaient peu nettes et difficiles à pointer par suite d'une très forte diffusion.

M. **Roger Heim** s'exprime en ces termes :

Le *VIIIe Congrès International de Botanique* vient de s'achever à Nice, après avoir réuni à Paris, du 2 au 13 juillet 1954, plus de 2 500 participants dont les activités se sont adressées respectivement à 27 sections différentes. Près d'une centaine de colloques, relatifs à toutes les branches de la science végétale, ont apporté la matière essentielle aux discussions dans une manifestation qui groupait les représentants d'une soixantaine de pays. D'importantes délégations des États-Unis, de Grande-Bretagne, d'Allemagne, des Nations scandinaves, du Canada, de l'U.R.S.S., d'Italie, de Hongrie, de Suisse, du Japon, des Pays-Bas, de Belgique, de l'Inde, de Cuba, etc., ont participé à ces débats au cours desquels environ 1500 communications ont été présentées.

Je ne parlerai point ici des travaux et des discussions dont l'intérêt a été le plus essentiel pour l'avancement des sciences. Je voudrais aujourd'hui traduire simplement, en tant que Président de ce Congrès, et aussi au nom de mes confrères de la section de Botanique de notre Académie, l'impression réconfortante où nous laisse le souvenir du dérou-

lement de cette réunion mondiale. Une grande confiance entre les diverses délégations est apparue, selon une certitude et une signification qu'il importe de souligner. Certaines des résolutions générales adoptées prouvent bien la réalité et la valeur de tels accords : maintien de l'anglais et du français comme langues officielles pour l'organisation de semblables manifestations internationales, mais possibilité pour chacun de s'exprimer dans la langue de son choix, l'allemand, le russe, l'espagnol et l'italien conservant le privilège de la préférence à ce propos, constitution d'une commission internationale de palynologie — branche qui suscite un intérêt croissant —, d'un comité international relatif à l'organisation des jardins botaniques, édification d'un dictionnaire international de terminologie botanique, renforcement de l'autonomie de la section de Botanique de l'Union Internationale des Sciences biologiques en prévision d'une plus grande indépendance au sein d'une Fédération des Unions ou des Associations internationales relevant de la Biologie, vœux relatifs à la protection des sols et de la flore vis-à-vis des ouvrages hydroélectriques et, dans les régions tropicales, des méthodes culturales qui devraient être mieux adaptées aux conditions du milieu, désir que l'UNESCO apporte un concours plus efficace à la résolution des problèmes posés par la défense des richesses et des ressources naturelles, désignation d'une Commission internationale, à laquelle participent à la fois nos collègues russes et américains, dont le rôle sera d'examiner les conditions dans lesquelles serait reconduite la publication d'un bulletin analytique mondial des travaux de Botanique, pure et appliquée, plus particulièrement ouvert aux publications en langues slaves, etc. Je crois pouvoir insister spécialement sur la portée de ce dernier arrangement qui n'a soulevé aucune objection. Puis-je signaler encore la constitution d'uu Comité international pour l'examen des questions relatives à la protection des matériels et des matériaux vis-à-vis des agents destructeurs.

J'ajoute enfin qu'un grand nombre d'excursions botaniques ont été préparées par divers naturalistes de Paris, de province et de nos territoires d'Outre-Mer, et qu'elles ont permis à de nombreux congressistes étrangers de parcourir notre pays, du Nord au Sud, et de l'Est à l'Ouest, de même que la Corse, l'Algérie, le Maroc, enfin le Sénégal, la Guinée française et la Côte d'Ivoire où elles ne s'achèveront d'ailleurs que dans deux ou trois semaines.

Montréal a été choisi pour centre du *IXe Congrès International de Botanique*, qui se tiendra au Canada, dans cinq ans.

M. Paul Bloch-Dassault fait hommage à l'Académie du discours prononcé lors de la Commémoration à l'École polytechnique du centenaire de la naissance d'*Henri Poincaré*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimés de la Correspondance :

Ricardo Archila. — *Luis Daniel Beauperthuy. Revision de una vida.*

L'activité du service de la recherche agronomique et de l'expérimentation agricole au Maroc en 1953, par Georges Grillot.

Guy Perrin de Brichambaut. *Quelques nouvelles observations sur les plantes fourragères.*

Que faut-il penser du genre sétaria P. B. (= Chaetochloa Scrib), *au point de vue fourrager ?* Travail du Centre de recherches agronomiques de Rabat.

Les relations d'équivalence et leurs principales applications, par Paul Dubreil.

Les cartes géographiques et leur histoire, par Paul Rossier.

Centre national de la recherche scientifique. *Le laboratoire souterrain de Moulis.*

Union internationale de physique pure et appliquée. *Assemblée générale de* 1954. *Principales décisions*, par Pierre Fleury.

Académie des sciences de l'U. R. S. S., B. V. Koukarkin, P. P. Parenago, Y. I. Efremof, P. I. Kolopov. *Chestoc dopolnenic* K *pervomore izdaniou obchego Katalogova peremennyk zvezd.*

ANALYSE COMBINATOIRE. — *Remarques sur la méthode des polygones.* Note (*) de M. **René Gouarné**, présentée par M. Joseph Pérès.

Procédé de calcul des déterminants en vue d'une formulation pratique du polynome caractéristique. Cette présentation retrouve les résultats de la méthode des polygones ([1]) qu'elle rattache à la théorie classique des déterminants et montre, dans son application, l'intérêt de l'usage des tableaux de partition. Expression du polynome caractéristique d'une matrice en fonction des traces de ses puissances.

Soit : A une matrice carrée d'ordre n, A_{ik} un élément quelconque de A, $\mathfrak{A}$ la matrice $A - \lambda I$ avec λ paramètre séculaire et I matrice unité d'ordre n, $K = |A - \lambda I|$ le polynome caractéristique de A.

Nous établissons une correspondance ([2]) entre les termes $\pm \mathfrak{A}_{1a} \mathfrak{A}_{2b} \ldots \mathfrak{A}_{nl}$ du déterminant de $\mathfrak{A}$ et les permutations du groupe symétrique S_n par l'écriture

(*) Séance du 26 juillet 1954.

([1]) Samuel, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1236.

([2]) Gouarné, *Comptes rendus*, **237**, 1953, p. 237.

suivante : $\pm \mathcal{A}_{1a}\mathcal{A}_{2b}\ldots\mathcal{A}_{nl} = \rho(\mathrm{P})\,\mathcal{A}(\mathrm{P})$, où P est la permutation qui transforme la suite 1, 2, ..., n en la suite a, ..., l; $\rho(\mathrm{P})$ vaut $+1$ ou -1 suivant la parité de P.

Soit $\mathrm{P} = \mathrm{C}_1\mathrm{C}_2\ldots\mathrm{C}_p$ l'écriture cyclique de P, on a

$$\rho(\mathrm{P})\,\mathcal{A}(\mathrm{P}) = \rho(\mathrm{C}_1)\,\mathcal{A}(\mathrm{C}_1)\ldots\rho(\mathrm{C}_p)\,\mathcal{A}(\mathrm{C}_p),$$

où $\mathcal{A}(\mathrm{C})$ est dit terme cyclique associé à C et désigne le produit d'éléments associé par γ à C.

Soit $\mathcal{A}^{a,b,\ldots,l;\alpha,\beta,\ldots,\lambda}$ la matrice construite sur les éléments de $\mathcal{A}$ communs aux lignes de rang a, b, ..., l et aux colonnes de rang α, β, ..., λ, étant entendu que dans une même suite a, ..., l ou α, ..., λ l'ordre est indifférent et les indices distincts, au moins égaux à 1 et au plus à n; si les deux suites considérées sont identiques, à l'ordre près, la matrice ainsi définie est dite mineure diagonale relative à la suite en question.

A une matrice mineure diagonale d'ordre p, la correspondance γ associe le groupe symétrique S_p et, inversement, à ce sous-groupe ne peuvent correspondre que des mineures diagonales.

Ceci exprime que tout terme du déterminant d'une telle matrice est cyclique ou le produit de termes cycliques d'ordre inférieur à celui de la matrice.

Par ailleurs, le polynome caractéristique de A s'écrit :

$$(1)\quad \begin{cases} \mathrm{K} = (-\lambda)^n + (\Sigma_i \mathrm{A}^{ii})\,(-\lambda)^{n-1} + \ldots + (-\lambda)^{n-p}(\Sigma_{a,b,\ldots,l}\,\mathrm{A}^{a,\ldots,l;a,\ldots,l}) + \ldots, \\ \qquad\qquad \text{avec} \quad a < b < \ldots < l. \end{cases}$$

Autrement dit, les coefficients, somme de termes diagonaux, n'introduisent que des termes cycliques. On trouve ici le fondement de la méthode des polygones [1] dès qu'on adopte, pour la notation cyclique, non plus des parenthèses mais une écriture polygonale; le signe associé à chaque terme cyclique résulte de la règle qui lie la parité d'un cycle au nombre des indices qu'il contient.

Si l'on considère la classe Q des permutations de S_n dont l'écriture cyclique comporte un cycle d'ordre α, un cycle d'ordre β, ..., un cycle d'ordre λ, nous appelons $[\alpha, \beta, \ldots]$, la somme des termes distincts de $\mathcal{A}$ associés aux permutations de cette classe; on a alors

$$(2)\quad \mathrm{K} = (-\lambda)^n + (-\lambda)^{n-1}[1] + (-\lambda)^{n-2}([1,1]+[2]) + (-\lambda)^{n-p}(\Sigma_p[\mathrm{Q}_p]) + \ldots,$$

où les Q_p caractérisent les diverses classes de S_p et sont directement liés aux partitions de l'entier p.

Si A est symétrique, les termes associés à un cycle et à sont inverse sont égaux et l'on peut opérer les groupements par paire qui réduisent la formule précédente à la formule de Samuel [1]. L'intérêt pratique de la méthode des cycles de permutation apparaît déjà en [1]; la présentation actuelle rattache le procédé à la théorie classique des déterminants : ceci est de nature à en

simplifier l'usage par l'emploi systématique des tableaux des partitions des entiers.

Application. — En (1) la sommation s'étend, pour le coefficient de λ^{n-p}, à toutes les combinaisons croissantes de p nombres extraits de la suite des n premiers entiers; si l'on supprime le caractère monotone de ces combinaisons en les remplaçant par les arrangements correspondants, le formalisme est conservé pourvu qu'on divise par $p\,!$

Enfin, si l'on ne considère plus les indices sommatoires comme nécessairement distincts, l'expression reste inchangée car les termes supplémentaires disparaissent.

Ainsi le coefficient de $(-\lambda)^{n-p}$ dans le polynome caractéristique s'écrit

$$\frac{1}{p\,!}\Sigma_{a,\,\ldots,\,l}\mathrm{A}^{a,\ldots,\,l;\,a,\,\ldots,\,l},$$

où $a, \ldots, l$ sont quelconques dans la suite $1, \ldots, n$.

On remarque que dans la sommation les termes de $\mathrm{A}^{a,\ldots,\,l;\,a,\ldots,\,l}$ relatif aux permutations d'une classe caractérisée par la suite $Q_p(\alpha, \beta, \lambda)$ donnent le même résultat : $\mathrm{tr}(\mathrm{A}^{\alpha})\,\mathrm{tr}(\mathrm{A}^{\beta}) \ldots \mathrm{tr}(\mathrm{A}^{\lambda})$ où le symbole tr( ) désigne une trace.

Soit Q la classe des permutations dont l'écriture cyclique contient c_1 cycles unaires, c_2 cycles binaires, ..., c_p cycles p^{aires} et n_{Q} le nombre de permutations de Q.

D'où, pour le coefficient de $(-\lambda)^{n-p}$, l'expression

$$\frac{1}{p\,!}\Sigma_{\mathrm{Q}}\rho(\mathrm{Q})\,n_{\mathrm{Q}}\,\mathrm{tr}(\mathrm{A}^{\alpha})\,\mathrm{tr}(\mathrm{A}^{\beta})\ldots\mathrm{tr}(\mathrm{A}^{\lambda}),$$

où la sommation s'étend à toutes les classes Q de S_p.

GÉOMÉTRIE. — *Sur la représentation d'Einstein du champ unitaire.*

Note de M. **Jean Hély**, présentée par M. Joseph Pérès.

On détermine le tenseur fondamental et le tenseur d'impulsion-énergie de la théorie d'Einstein.

La représentation d'Einstein du champ unitaire repose sur les équations de connexion

$$\text{(I)}\qquad g^{\underset{+-}{ik}}_{;l}=0 \qquad \text{et} \qquad \left(\sqrt{-g}\,g^{\underset{\vee}{ik}}\right)_{,k}=0$$

et les équations de champ

$$\text{(II)}\qquad \mathrm{R}_{\underline{ik}}=0, \qquad \mathrm{R}_{\underset{\vee}{ik},l}+\mathrm{R}_{\underset{\vee}{kl},i}+\mathrm{R}_{\underset{\vee}{li},k}=0.$$

Ces équations sont compatibles en vertu des identités

$$\left[\sqrt{-g}\,(g^{ik}\mathrm{R}_{il}+g^{ki}\mathrm{R}_{li})\right]_{,k}\equiv\sqrt{-g}\,g^{ik}\mathrm{R}_{ik,l},$$

qui résultent de (1) et peuvent s'écrire

$$\left(2\sqrt{-g}\,\underset{-}{g^{ik}}\,\mathrm{R}_{il}\right)_{,k}-\sqrt{-g}\,\underset{-}{g^{ik}}\,\underset{-}{\mathrm{R}_{ik,l}}\equiv\sqrt{-g}\,\underset{\vee}{g^{ik}}\left(\underset{\vee}{\mathrm{R}_{ik,l}}+\underset{\vee}{\mathrm{R}_{kl,i}}+\underset{\vee}{\mathrm{R}_{li,k}}\right).$$

Introduisons un tenseur symétrique f^{ik} tel que $\sqrt{-f}\,f^{ik}=\sqrt{-g}\,g^{\underset{-}{ik}}$ (f désignant le déterminant des f_{ik} tels que $f^{ik}f_{il}=\delta_l^k$) et remarquons que si

$$\mathrm{N}_l^k\equiv f^{ik}\mathrm{N}_{il},\qquad \mathrm{N}_{il}\equiv \underset{0}{\mathrm{R}_{il}}-\underset{-}{\mathrm{R}_{il}},\qquad \mathrm{M}_l^k\equiv\mathrm{N}_l^k-\frac{1}{2}\,\delta_l^k\,\mathrm{N}_s^s,$$

$\Big(\underset{0}{\mathrm{R}_{ik}}$ désignant enfin le tenseur de Ricci construit avec les coefficients $\underset{0}{\Gamma^i_{kl}}$ de la connection riemannienne de $f_{ik}\Big)$

$$(\mathrm{M}_l^k)_{\underset{0}{;k}}\equiv\left(f^{ik}\underset{0}{\mathrm{R}_{il}}-\frac{1}{2}\delta_l^k f^{is}\underset{0}{\mathrm{R}_{is}}\right)_{\underset{0}{;k}}-\left(f^{ik}\underset{-}{\mathrm{R}_{il}}\right)_{\underset{0}{;k}}+\frac{1}{2}\left(f^{ik}\underset{-}{\mathrm{R}_{ik}}\right)_{\underset{0}{;l}},$$

avec

$$\left(f^{ik}\underset{0}{\mathrm{R}_{il}}-\frac{1}{2}\delta_l^k f^{is}\underset{0}{\mathrm{R}_{is}}\right)_{\underset{0}{;k}}\equiv 0$$

et

$$\left(f^{ik}\underset{-}{\mathrm{R}_{il}}\right)_{\underset{0}{;k}}-\frac{1}{2}\left(f^{ik}\underset{-}{\mathrm{R}_{ik}}\right)_{\underset{0}{;l}}\equiv\left(f^{ik}\underset{-}{\mathrm{R}_{il}}\right)_{\underset{0}{;k}}-\frac{1}{2}f^{ik}\underset{-}{\mathrm{R}_{ik}}{}_{\underset{0}{;l}}\equiv\frac{1}{\sqrt{-f}}\left(\sqrt{-f}\,f^{ik}\underset{-}{\mathrm{R}_{il}}\right)_{,k}-\frac{1}{2}f^{ik}\underset{-}{\mathrm{R}_{ik,l}},$$

si $\underset{0}{;}\,k$ $\left(\text{ou }\underset{0}{;}\,l\right)$ désigne une dérivée covariante à l'aide des $\underset{0}{\Gamma^i_{kl}}$, tels que $f^{ik}_{\underset{0}{;l}}\equiv 0$ et que $\underset{0}{\Gamma^l_{kl}}=(\sqrt{-f})_{,k}/\sqrt{-f}$.

Il vient alors (en vertu de I et indépendamment de II)

$$(\mathrm{M}_l^k)_{\underset{0}{;k}}\equiv\frac{-1}{\sqrt{-f}}\left(\sqrt{-f}\,f^{ik}\underset{-}{\mathrm{R}_{il}}\right)_{,k}+\frac{1}{2}f^{ik}\underset{-}{\mathrm{R}_{ik,l}}$$

$$\equiv\frac{-1}{\sqrt{-f}}\left(\sqrt{-g}\,g^{\underset{-}{ik}}\underset{-}{\mathrm{R}_{il}}\right)_{,k}+\frac{1}{2}\sqrt{\frac{g}{f}}\,g^{\underset{-}{ik}}\underset{-}{\mathrm{R}_{ik,l}}\equiv-\frac{1}{2}\sqrt{\frac{g}{f}}\,g^{\underset{\vee}{ik}}\left(\underset{\vee}{\mathrm{R}_{ik,l}}+\underset{\vee}{\mathrm{R}_{kl,i}}+\underset{\vee}{\mathrm{R}_{li,k}}\right)$$

puisque $\sqrt{-f}\,f^{ik}\equiv\sqrt{-g}\,g^{\underset{-}{ik}}$ (g désigne le déterminant des g_{ik} tels que $g^{ik}g_{il}=\delta_l^k$).

Si donc nous considérons le tenseur f_{ik} comme le tenseur fondamental du continuum représentatif du champ unitaire einsteinien et les tenseurs $\sqrt{g/f}\,g^{\underset{\vee}{ik}}$ et $\underset{\vee}{\mathrm{R}_{ik}}$ comme respectivement proportionnels aux duals des champs électromagnétiques $(\overline{\mathrm{E}},\,\overline{\mathrm{B}})$ et $(\overline{\mathrm{D}},\,\overline{\mathrm{H}})$, tels que $\overline{\mathrm{E}}\neq\overline{\mathrm{D}}$ et $\overline{\mathrm{B}}\neq\overline{\mathrm{H}}$ comme en théorie de Born, il appert que la seconde des équations (I), qu'on peut écrire

$$\left[\sqrt{-f}\left(\sqrt{\frac{g}{f}}\,g^{\underset{\vee}{ik}}\right)\right]_{,k}=0,$$

et la seconde des équations (II) ne sont autres que les équations de Maxwell du vide et que le tenseur M_l^k est proportionnel au tenseur d'impulsion-énergie

du champ électromagnétique complexe introduit. Il en résulte que la première des équations (II), qu'on peut écrire

$$\underset{0}{R}_{ik} = \underset{0}{R}_{ik} - \underset{\sim}{R}_{ik} \quad N_{ik},$$

exprime que le tenseur de Ricci ordinaire $\underset{0}{R}_{ik}$ est bien tel que $\underset{0}{R}_{l}^{k} - 1/2\, \delta_{l}^{k} \underset{0}{R}_{s}^{s}$ soit proportionnel, comme il se doit [1], au tenseur d'impulsion-énergie précité.

Nous en concluons que le tenseur fondamental du champ unitaire einsteinien doit être choisi tel que $\sqrt{-f}\, f^{ik} = \sqrt{-g}\, g^{\underset{-}{ik}}$, et non pas tel que $f^{ik} = g^{\underset{-}{ik}}$ (Lichnerowicz) ou que $f_{ik} = g_{ik}$ (Einstein).

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Quelques aspects de l'écoulement dans une trompe à liquides*. Note de M. **Roger Curtet**, présentée par M. Joseph Pérès.

Nous avons observé l'allure générale des trajectoires et lignes de courant dans le mélangeur d'une trompe à liquides, en écoulement plan, pour différentes valeurs des rapports de débits et de dimensions au confluent des deux veines. L'appareil utilisé a été décrit dans une Note précédente, dont nous reprenons les notations [1].

Nous nous sommes tout d'abord donné un rapport D_M/D_1 des dimensions à l'entrée et une longueur relative L_M/D_M (égale à 4) de la chambre. Nous avons fixé un débit q_1, fait varier le débit total q et observé l'évolution des lignes de courant en fonction du rapport q/q_1. Puis nous avons fixé un autre débit q_1 et effectué des essais analogues. Nous nous sommes ensuite donné d'autres rapports D_M/D_1 et nous avons également observé l'allure générale des filets fluides dans le mélangeur en fonction de q/q_1.

Pour chacun des rapports D_M/D_1 considérés (5, 10, 20, 40) nous avons retrouvé, suivant les valeurs de q/q_1, une évolution analogue du champ des lignes de courant :

1° Pour de faibles valeurs de q/q_1, le jet est animé, dès la sortie de la buse inductrice, d'un mouvement périodique. Deux zones tourbillonnaires, dont la position et l'étendue varient elles-mêmes de façon périodique, apparaissent dans le mélangeur. La période du mouvement est liée aux rapports q/q_1 et D_M/D_1. Elle croît en même temps que q/q_1 pour une valeur donnée de D_M/D_1 et devient pratiquement infinie pour un certain rapport q_i/q_1. Les différentes valeurs expérimentales de q_i/q_1 ont été portées sur la figure 1 en fonction de D_M/D_1 ; la courbe passant par ces points définit une frontière du domaine d'existence d'un jet nettement oscillant.

2° Pour des valeurs de q/q_1 supérieures à q_i/q_1, les deux zones tourbillon-

---

(1) Le coefficient de proportionnalité étant obligatoirement égal à $8\pi K/c^4$, où K désigne la constante de Newton.

(1) *Cf.* R. Curtet, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1134.

naires Z_1 et Z_2 subsistent, mais sont stationnaires (*fig.* 2). Sur chacune des parois de la chambre existent deux points de vitesse nulle et leur position dépend de q/q_1 et de D_M/D_1 : pour une valeur donnée de D_M/D_1, les points de vitesse nulle s'éloignent vers l'aval lorsque q/q_1 croît. L'expérience montre de plus que les deux zones tourbillonnaires sont d'étendue inégale : l'écoulement est donc dissymétrique et ne devient symétrique que lorsque les zones tourbillonnaires disparaissent, soit lorsque $q/q_1 = q_c/q_1$. La courbe expérimen-

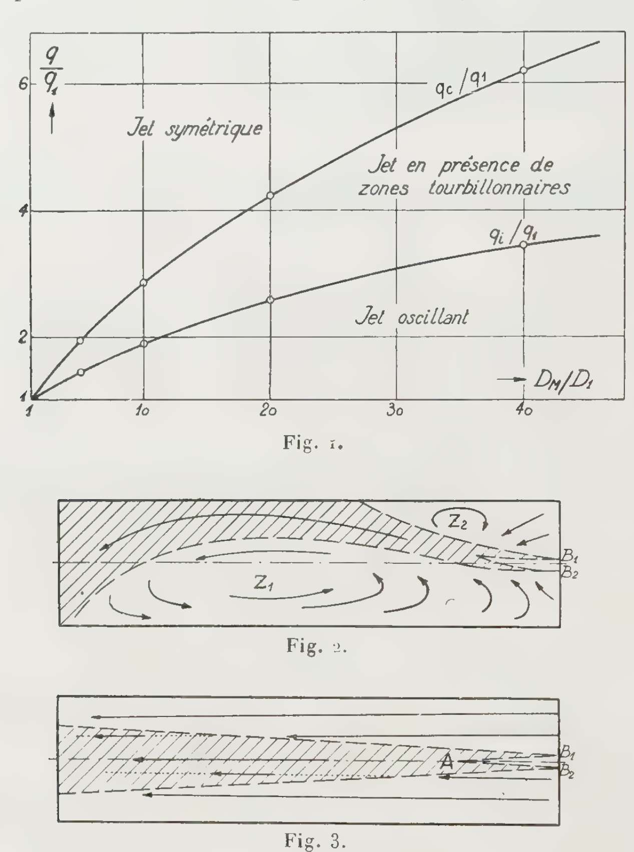


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

tale $q_c/q_1 = f(D_M/D_1)$, tracée sur la figure 1, définit une frontière du domaine d'existence de l'écoulement dissymétrique.

3° Pour les valeurs élevées de q/q_1, le champ des lignes de courant est symétrique par rapport à l'axe de l'appareil et l'écoulement est permanent à l'extérieur du jet (ou zone de mélange : *fig.* 3).

Il peut donc apparaître, dans le mélangeur d'une trompe à liquides, en écoulement plan, suivant le rapport des débits d'entrée q/q_1, trois aspects caractéristiques de l'écoulement.

L'examen des deux courbes de la figure 1 montre par ailleurs qu'il existe entre q_c et q_i une relation empirique simple, indépendante de D_M/D_1 : $(q_c - q_1)/(q_i - q_1) = 2,12$.

HYDRAULIQUE. — *Sur les changements de régime dans les canalisations. Enregistrement continu des caractéristiques.* Note (*) de MM. **Louis A. Sackmann** et **Émile Pérès**, présentée par M. Joseph Pérès.

A. *But et origine des travaux.* — Nous nous occupons de l'étude du régime transitoire dans une canalisation en essayant de définir au mieux l'évolution dans le temps des caractéristiques de l'écoulement au cours du phénomène de la transition. L'un de nous dans une Note précédente ([1]) a montré, grâce à l'étude cinématographique, que les alternances des régimes laminaire et turbulent ne sont pas instantanées mais finies. Ces résultats réclament cependant une étude plus fine permettant d'obtenir la courbe $U_* = f(t)$.

B. *Principe expérimental.* — Comme lors de travaux antérieurs de l'un de nous, publiés dans une série de Notes ([2]), la mesure de la vitesse instantanée d'écoulement U_* est ramenée à la détermination de la portée horizontale du jet libre parabolique s'échappant de la canalisation d'étude.

C. *Dispositif d'enregistrement.* — Un dispositif permet d'enregistrer sur un film se déroulant d'une manière continue, et à vitesse constante, les variations de portée du jet. Ledit dispositif expérimental basé sur une méthode purement optique offre l'avantage d'être *totalement extérieur* au phénomène observé, ne créant ainsi aucune source de perturbation des caractéristiques de l'écoulement comme pourraient le faire prises de pression ou pitots d'exploration. La *continuité* de l'observation dans le temps à vitesse constante, mais réglable à volonté, permet en outre d'analyser aussi finement qu'on le désire l'allure intime du phénomène de la transition.

Les variations de la portée du jet sont suivies au travers d'une fente horizontale fixe qui découpe dans ce dernier une tranche de faible épaisseur. Dans les régimes extrêmes, laminaire pur et turbulent pur, on obtient ainsi un trait parallèle à l'axe des temps en raison de la stabilité du jet dans ces domaines. Sur le même film est enregistré le temps au moyen des oscillations d'un pendule situé en arrière du plan de la fente d'observation, les oscillations du fil de suspension du pendule se traduisant sur le film par une sinusoïde. Deux petits trous de distance connue, ménagés dans le plan de la fente optique parallèlement à cette dernière et dans son voisinage immédiat, donnent l'échelle des longueurs dans le sens de la portée du jet; aux trous ainsi ménagés correspondent sur le film des traits parallèles à l'axe des temps.

(*) Séance du 26 juillet 1954.

([1]) L.-A. Sackmann, *Comptes rendus*, **239**, 1954, p. 220.

([2]) L.-A. Sackmann, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 328 et précédentes.

D. *Résultats obtenus.* — La figure 1 montre une portion de film d'enregistrement en régime laminaire pur. Le nombre de Reynolds était dans ce cas de 459. La figure 2 montre un enregistrement en régime turbulent pur pour lequel le nombre de Reynolds était de 1 389.

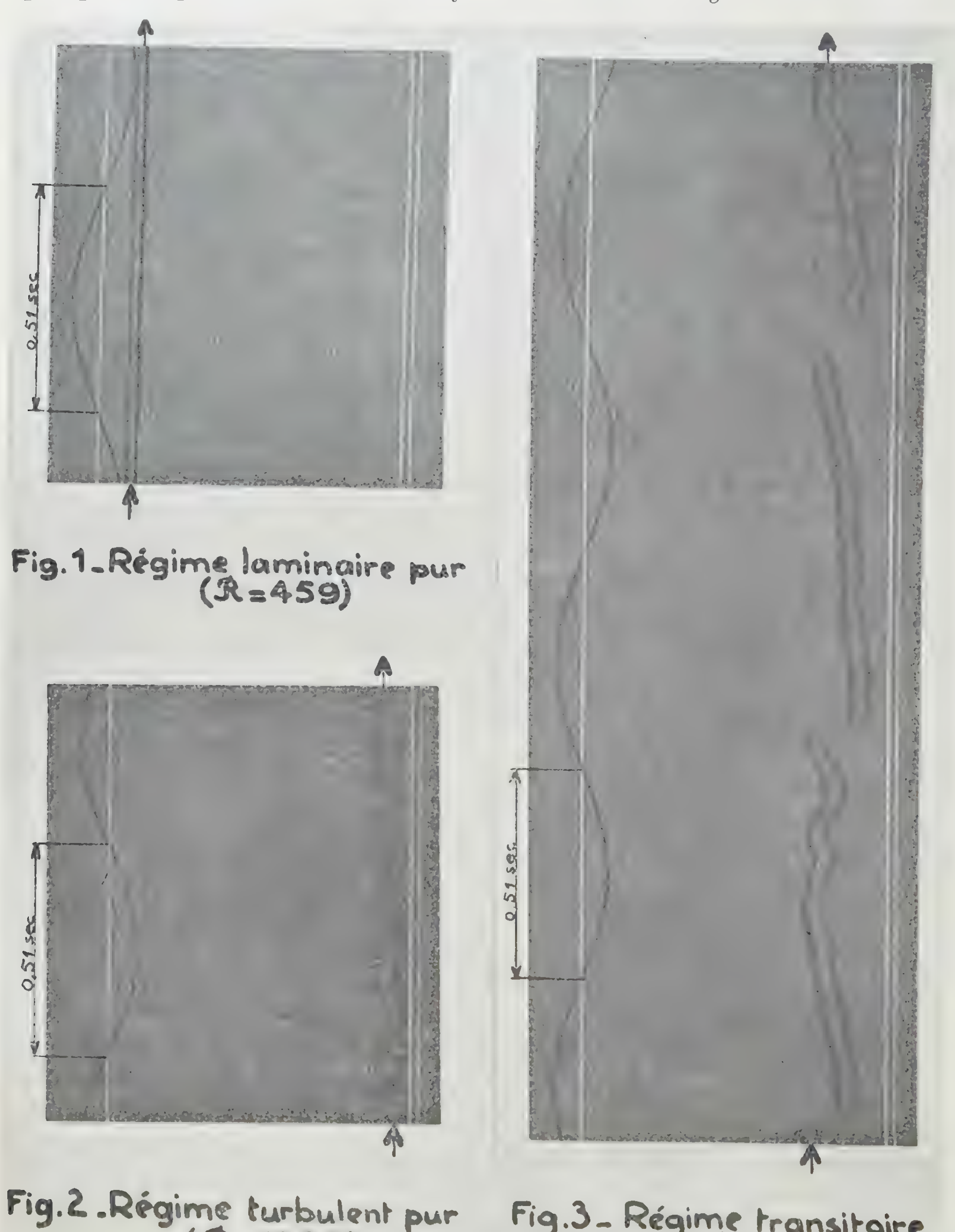


Fig. 1 – Régime laminaire pur ($\mathfrak{R}=459$)

Fig. 2 – Régime turbulent pur ($\mathfrak{R}=1389$)

Fig. 3 – Régime transitoire ($\mathfrak{R}=1201$)

En régime transitoire on obtient un diagramme dont l'analyse permet de confirmer l'hypothèse du dédoublement sur les droites de Poiseuille et de Blasius. La figure 3 donne ainsi un exemple d'enregistrement en régime transitoire pour lequel le nombre de Reynolds était de 1 201. Les passages réciproques des régimes laminaire et turbulent ont des durées *finies* qui sont *dissymétriques*. La durée de passage dans le sens laminaire → turbulent est relativement longue, tandis que la durée de passage turbulent → laminaire est relativement rapide. L'étude quantitative de cette dissymétrie de passage fera l'objet de prochaines publications.

HYDRAULIQUE. — *Condition de stabilité d'une cheminée d'équilibre placée à l'aval d'une galerie en charge précédée par un canal découvert de grande longueur.* Note (*) de M. **Sébastien Gerber**, transmise par M. Léopold Escande.

Détermination de la section limite assurant l'amortissement des oscillations de l'eau, à l'intérieur de la cheminée, dans le cas d'un canal de grande longueur.

Dans une Note précédente (1) nous avons établi les équations des oscillations dans la chambre, en tenant compte des ondes qui prennent naissance dans le canal à écoulement libre et pour lesquelles les équations Saint-Venant sont applicables.

En tenant compte du régime permanent initial et en négligeant les infiniments petits d'ordre supérieur à 1, nous obtenons, avec les notations habituelles :

$$\frac{\partial h'}{\partial t} + W'_0\left(\frac{\partial h'}{\partial s} + \frac{\partial w'}{\partial s}\right) = 0,$$

$$a^2\frac{\partial h'}{\partial s} + W'_0\frac{\partial w'}{\partial t} + W'^2_0\frac{\partial w'}{\partial s} + 2W'_0\,\alpha w' = 0,$$

avec

$$a = \sqrt{g H''_0} \qquad \text{et} \qquad \alpha = gkW'_0.$$

La solution de ce système a été obtenue par MM. Guenod et Gardel (2) sous forme symbolique :

$$h' = A\,e^{-s\frac{p+\alpha}{a+W'_0}} + B\,e^{s\frac{p+\alpha}{a+W'_0}},$$

$$w' = \left\{\frac{A}{\beta}\right\}e^{-s\frac{p+\alpha}{a+W'_0}} - \left\{\frac{B}{\beta}\right\}e^{s\frac{p+\alpha}{a+W'_0}},$$

avec

$$p = \frac{\partial}{\partial t} \qquad \text{et} \qquad \beta = \frac{W'_0}{a}\,\frac{p+\alpha}{p},$$

A et B étant deux constantes dépendant des conditions aux limites.

(*) Séance du 26 juillet 1954.

(1) S. Gerber, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2490.

(2) *Bulletin technique de la Suisse Romande*, 5 avril 1952.

A la prise d'eau, où $s=0$, le niveau est sensiblement constant, donc $h'_2=0$.
On a, en définitive, pour la surélévation h'_1 au bassin de mise en charge

$$h'_1=(w-1)\frac{\beta}{\beta-1}\,\frac{1-e^{-(p+\alpha)T_c}}{1-\dfrac{\beta+1}{\beta-1}e^{-(p+\alpha)T_c}},$$

où

$$T_c=\frac{S}{a-W'_0}+\frac{S}{a+W'_0},$$

S représentant la longueur du canal.

Pour un canal infiniment long, cas étudié ici, on a $T_c=\infty$ et donc

$$h'_1=(w-1)\frac{\beta}{\beta-1}=\left(\frac{1}{2\pi}\frac{dx}{dt'}-\frac{x}{y_0}\right)\left(1-\frac{a}{a-W'_0}e^{\alpha\frac{W'_0}{a-W'_0}t}\right).$$

L'équation des oscillations s'écrit alors sous la forme suivante :

$$\frac{d^2x}{dt'^2}+\varphi_{(t')}\frac{dx}{dt'}+\psi_{(t')}x=0,$$

avec

$$\varphi_{(t')}=\frac{2\pi}{y_0}\left[y_0(2p_0-\varepsilon)-1+\varepsilon y_0\frac{a}{a-W'_0}e^{\lambda t'}\right],$$

$$\psi_{(t')}=\frac{4\pi^2}{y_0}\left[y_0+\varepsilon-2p_0-\varepsilon\frac{a}{a-W'_0}e^{\lambda t'}\right].$$

en posant

$$\lambda=\alpha\frac{W'_0}{a-W'_0}T.$$

La stabilité des oscillations peut être déterminée par la méthode estimative de Schüller-Karas ([3]).

Le mouvement sera amorti si l'on a simultanément

$$\varphi(t')>0 \qquad \text{et} \qquad \psi(t')>0.$$

a. Canal sans pertes de charge : $\lambda=0$. — La condition $\varphi(t')>0$ montre que, pour avoir des oscillations amorties, la section de la cheminée d'équilibre doit être supérieure à une section limite F_{lim} déterminée par

$$(1)\qquad \frac{F_{lim}}{F_{TH}}=\frac{1}{1+\dfrac{H''_{01}}{2P_{W_0}}\dfrac{W'_0}{a-W'_0}}.$$

F_{TH} désignant la section de Thoma caractérisant l'installation

$$F_{TH}=\frac{W_0^2}{2g}\frac{Lf}{Y_0P_{W_0}}.$$

([3]) Frank et Schüller, *Schwingungen in den Zuleitungs und Ableitungskanälen von Wasserkraftanlagen*, 1938.

Quant à la condition $\psi(t') > 0$, soit

$$2 P_{W_0} < Y_0 - H''_{01} \frac{W'_0}{a - W'_0}, \tag{2}$$

elle est toujours satisfaite en pratique.

b. Canal avec perte de charge. — La fonction $\varphi(t')$ croît avec le temps, le mouvement n'étant jamais torrentiel dans le canal ($a > W'_0$). Il en résulte que le mouvement sera finalement amorti, dans tous les cas, après un certain temps, durant lequel les oscillations pourraient atteindre une forte amplitude si, à l'instant initial, $\varphi(t')$ était négative et de grande valeur absolue.

Pour que le mouvement soit amorti dès le début, il suffit donc que $\varphi(t')$ soit positive pour $t' = 0$. On retrouve la condition (1).

Par ailleurs, la fonction $\psi(t')$ décroît très lentement avec t'. En pratique, la condition $\psi(t') > 0$ pour $t' = 0$ étant toujours satisfaite, la fonction $\psi(t')$ reste positive, dans tous les cas, pendant un temps plusieurs fois supérieur à la durée nécessaire pour le rétablissement du régime permanent.

HYDRAULIQUE. — *Prise d'eau à travers une grille.* Note (*) de M. **Louis Castex**, transmise par M. Léopold Escande.

Expériences sur un dispositif économique de prise d'eau par traversée d'une grille, pour la captation de faibles débits d'apport, sur le parcours d'un canal d'amenée.

Dans les aménagements hydrauliques de haute chute, le canal d'amenée capte parfois, en cours de trajet, des ruisseaux de faible débit, au moyen de prises d'eau simplifiées à l'extrême. Souvent, le dispositif est constitué par une fosse creusée transversalement, dans le lit de la rivière, et bordée, de part et d'autre, par des massifs de maçonnerie formant barrage vers l'amont et coursier vers l'aval : une grille, en pente de l'amont vers l'aval, repose sur ces massifs, afin d'éviter l'entraînement dans la prise des blocs et des pierres d'une certaine dimension.

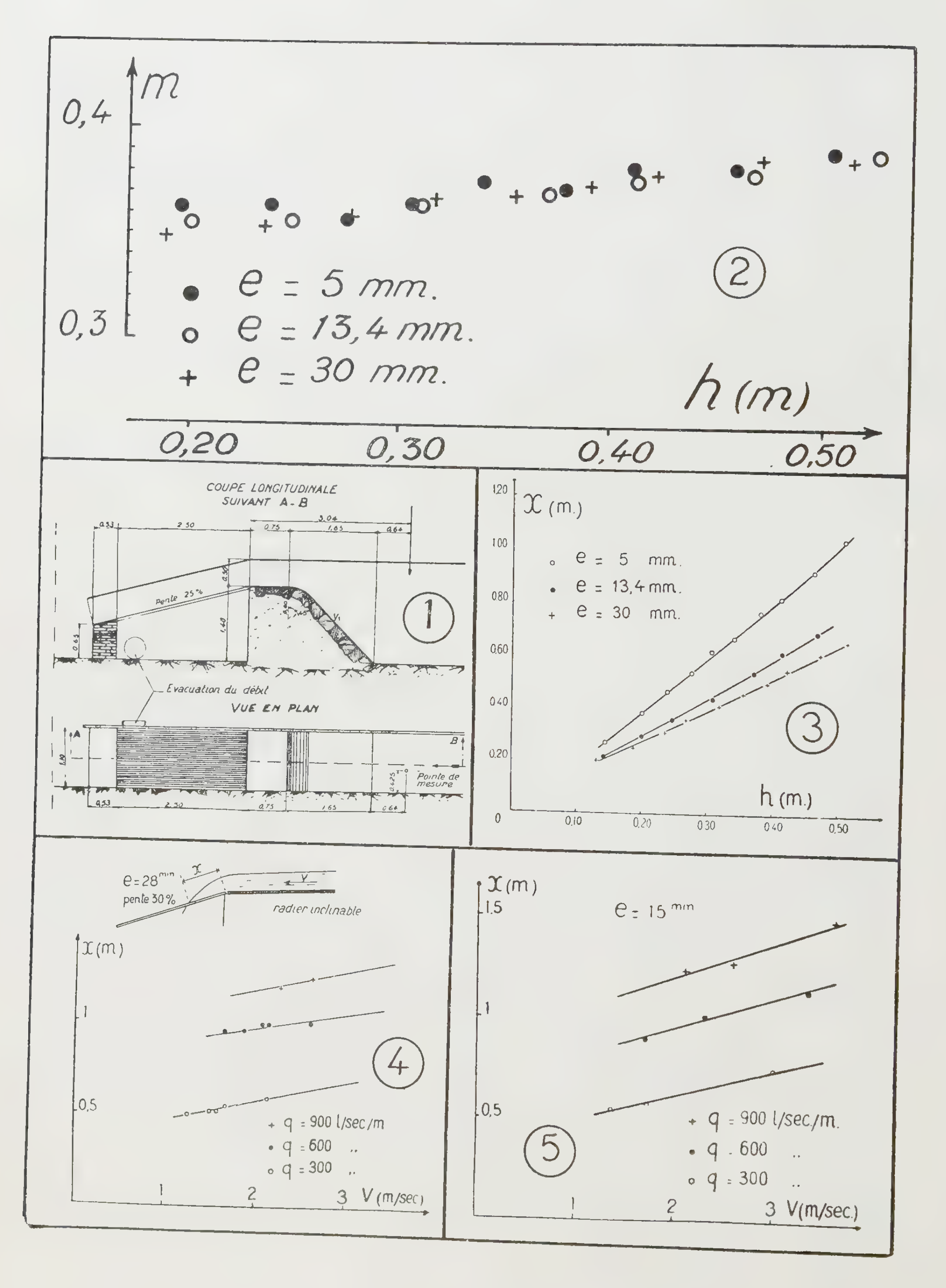
1° Dans une première série d'expériences, nous avons étudié les conditions de fonctionnement d'un tel dispositif alimenté en eau pure.

La grille, de largeur 1,10 m de longueur 2,50 m a une pente de 25 % et est constituée par des barreaux de 70 mm × 8 mm (*fig.* 1).

Avec les trois espacements e entre barreaux successivement étudiés (30 mm, 13,4 mm, 5 mm) et dans les limites de débit par mètre courant q envisagées, la partie amont de la prise d'eau fonctionne comme un déversoir à seuil épais à la suite duquel la lame déversante pénètre dans la prise en traversant la grille qui n'apporte qu'une faible perturbation à l'écoulement.

(*) Séance du 26 juillet 1954.

Pour les plus forts débits étudiés (600 l/s /m), la lame déversante, après avoir glissé sur le fond de la fosse, heurte la paroi opposée et l'eau rejaillit au-dessus de la partie aval des grilles : la forme de la fosse doit donc être



étudiée en vue d'éviter de perdre ainsi, par projections aval, une partie du débit capté à l'amont.

La courbe de la figure 2 donne, en fonction de la charge amont h au-dessus du seuil, les valeurs du coefficient de débit m du déversoir complexe que représente le seuil amont suivi des grilles : m est pratiquement le même, pour les trois écartements e expérimentés, et sa valeur ne diffère pas beaucoup de celle d'un seuil déversant épais démuni de grilles. Il faudrait un écartement encore plus faible que 5 mm pour obtenir une réaction sensible de la grille sur la charge amont commandant le déversement.

Sur la figure 3 sont données, en fonction de h, les distances x séparant l'extrémité amont de la grille du point où l'extrémité de la lame déversante disparaît sous celle-ci. Cette distance x est d'autant plus grande que e est plus faible.

2° Dans une deuxième série d'expériences effectuées avec une autre grille (barreaux de section 100 mm × 20 mm), en pente de 30 %, nous avons tenu compte de l'engravement qui, en pratique, comblera le lit du ruisseau jusqu'au niveau du seuil amont. A cet effet, nous avons fait précéder celui-ci d'un radier se raccordant exactement avec lui.

En faisant varier la pente de ce radier, nous avons étudié l'influence de la vitesse moyenne d'approche V sur x, pour trois débits q différents (300, 600, 900 l/s/m) avec un écartement $e = 28$ mm (*fig.* 4) et un écartement $e = 15$ mm (*fig.* 5) : la distance x augmente avec q et avec V.

D'autres observations ont été faites en précipitant dans l'eau, en amont de la prise, des branchages et des galets : les branchages se déposent à la limite aval de la portion de grille traversée par l'eau et l'obstacle ainsi formé, en empêchant l'évacuation des galets ou des branches, provoque une obstruction de la grille, qui colmate progressivement celle-ci de l'aval vers l'amont. Il est à noter que les branchages s'engagent moins facilement entre les barreaux, quand e est plus faible : en réduisant l'écartement entre barreaux, on diminue les risques de colmatage de la grille, tout en réduisant la dimension et la quantité des graviers absorbés par la prise.

ASTROPHYSIQUE. — *Origine du spectre d'absorption continu dans les étoiles carbonées de type N.* Note (*) de Mme **Renée Herman** et M. **Louis Herman**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans une Note précédente ([1]), nous avons signalé un nouveau spectre continu centré sur la bande 4315 Å (0, 0) de la transition $A^2\Delta - X^2\Pi$ de

(*) Séance du 26 juillet 1954.

([1]) *Comptes rendus*, **238**, 1954, p. 664.

la molécule CH. Nous l'avons rapproché du spectre d'absorption de certaines étoiles de type N.

J. G. Phillips et L. Brewer (²) ont observé, dans un four de King, un spectre continu différent s'étendant de 4 500 à 3 700 Å et qui présente deux maxima, l'un à 4 300 Å et l'autre vers 4 000 Å. Cette émission a été comparée quantitativement à celle du groupe 4050 Å (C_3) émis en même temps que le fond continu.

Les auteurs en déduisent que les deux spectres sont émis par des molécules polyatomiques de carbone, telles que C_3 ou C_4. A. Mc Kellar et E. H. Richardson (³) ont comparé quantitativement ce spectre d'émission au spectre d'absorption d'un certain nombre d'étoiles carbonées; ils estiment que le spectre continu de Phillips et Brewer est responsable de cette absorption et que, par suite, la molécule absorbante est C_3 ou C_4.

Toutefois, M. W. Feast (⁴) vient de découvrir dans les étoiles AM *Cen* et GP *Ori* un spectre ultraviolet d'absorption, semblable à celui trouvé dans les étoiles de type N. Ce fait remet en question l'interprétation précédente. En effet, GP *Ori* est de type S et son spectre ne contient que de faibles bandes de C_2.

Il semble se dégager de ces diverses observations que l'on doive, soit admettre une origine différente pour l'absorption continue de GP *Ori* et des étoiles de type N avancé, soit rejeter l'hypothèse de C_3 ou C_4 comme molécule responsable. Cela nous a conduits à un nouvel examen de l'émission continue décrite précédemment.

Le spectre M de la figure 1 est émis par un mélange gazeux composé de Xe, CO et H_2 (¹). Il peut être comparé à celui d'un second tube ne montrant aucune phosphorescence continue (spectre N de la figure 1). On peut voir, sur cette reproduction, que l'émission continue s'étend à partir de 4 500 Å vers les courtes longueurs d'onde jusqu'au-delà de 3 900 Å, qu'elle présente un premier maximum très accentué vers 4 300 Å et un second, peu marqué, vers 4 000 Å. Sa grande intensité au cours de la phosphorescence montre qu'elle est due à un processus de recombinaison.

Nous devons signaler à nouveau que, dans nos conditions expérimentales :

1° l'intensité relative du spectre attribué à C_3 (groupe 4050 Å) est négligeable par rapport à celle du fond continu;

2° l'intensité du spectre de C_2 (bandes de Swan) est également faible;

3° les composés diatomiques dérivés du carbone se manifestent par l'émission des bandes de CO et CH, surtout sous faible excitation.

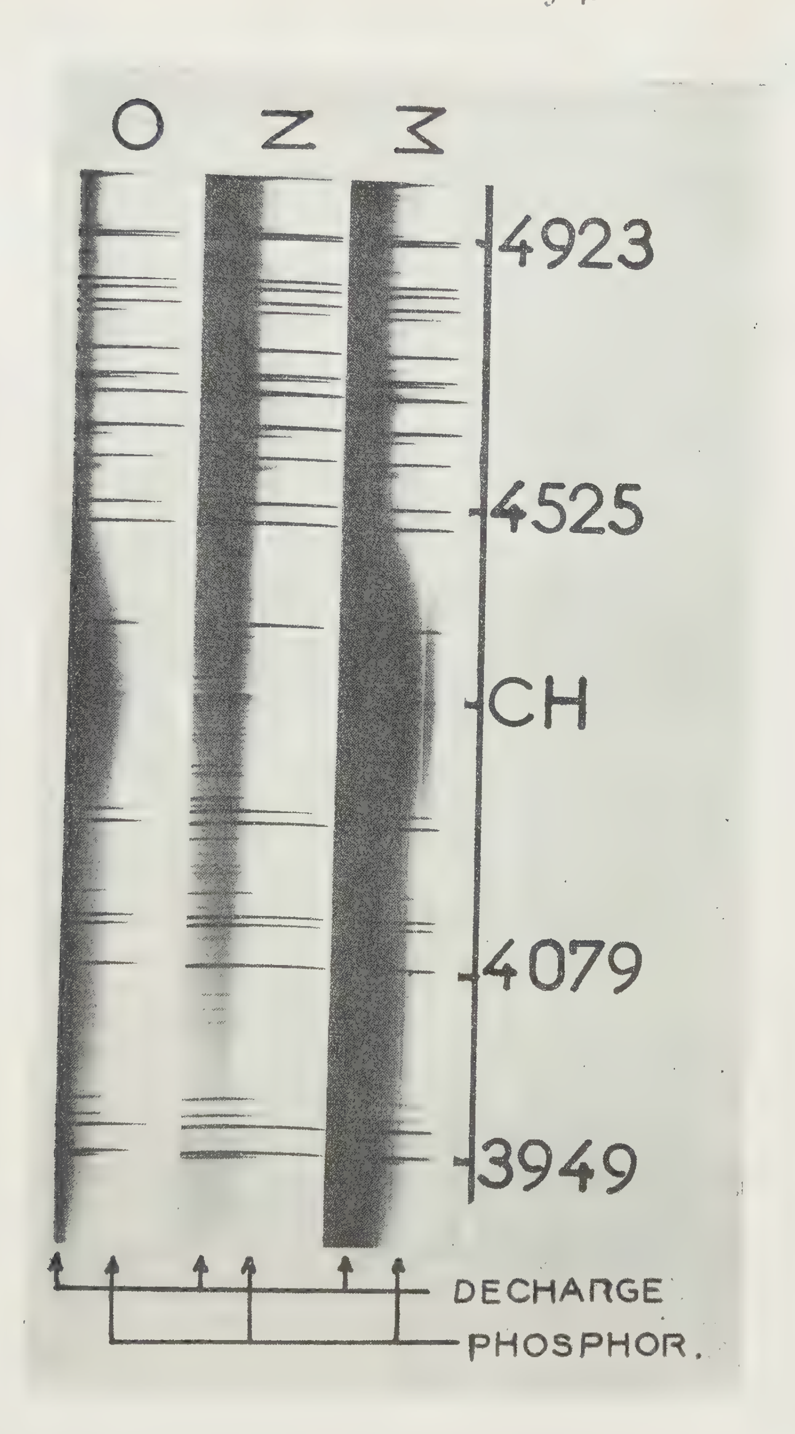
Nous avons fait des essais systématiques en vue de rechercher les conditions

---

(²) *VIe Colloque international d'Astrophysique de Liége*, 1954.

(³) *Ibid.*

(⁴) *Ibid.*



Spectre continu d'origine inconnue.

M, spectre émis par un tube à décharge sans électrodes. Il se compose de deux parties dont l'une a été obtenue pendant la décharge et l'autre pendant la phosphorescence, comme il est indiqué sur le côté droit de la figure; O, spectre semblable à M mais obtenu avec un temps de pose plus court; N, spectre d'un tube n'émettant pas, en phosphorescence, de spectre continu dans le violet et l'ultraviolet.

expérimentales favorables à l'émission de ce spectre continu. Ces essais sont restés infructeux jusqu'à maintenant. Plusieurs tubes à décharge, préparés dans des conditions apparemment identiques, n'émettent pas tous le même fond continu.

PHOTOGRAMMÉTRIE. — *Sur l'introduction dans les calculs d'aérotriangulation de données fournies par les instruments de bord.* Note (*) de M. **Georges Masson d'Autume**, présentée par M. Georges Poivilliers.

Les données externes, fournies par les instruments de bord de l'avion photographe, permettent d'ajouter aux relations fournies par l'enchaînement des faisceaux, de nouvelles relations affectées d'un certain poids. La résolution du système global donne les éléments nécessaires au calcul d'un canevas altimétrique très approché indépendamment de toute détermination au sol.

L'opération fondamentale de l'aérotriangulation est l'enchaînement des faisceaux perspectifs, qui peut s'effectuer à l'aide d'un dispositif opticomécanique ou de façon purement analytique. Elle permet théoriquement de construire de proche en proche un modèle spatial reproduisant, à une similitude près, la position dans l'espace de tous les faisceaux perspectifs appartenant à l'enchaînement. Pratiquement l'opération ne se fait qu'avec une précision limitée. Les erreurs tant systématiques qu'accidentelles, se cumulent de telle sorte que les déformations du modèle deviennent inadmissibles ; il est indispensable d'introduire des données supplémentaires externes, telles que les coordonnées d'un certain nombre de points au sol. D'autres données externes sont fournies par les instruments de bord de l'avion ; elles offrent l'avantage d'être disponibles dès la prise de vues et d'être distribuées de façon parfaitement symétrique, ce qui permet de les introduire de façon simple dans les calculs, contrairement à ce qui a lieu pour les données au sol.

Soit par exemple à déterminer l'altitude du point de vue S_p d'un enchaînement en utilisant simultanément avec leurs poids respectifs les données « internes » déduites des opérations d'enchaînement et les données « externes » fournies par un altimètre quelconque. Dans le calcul de l'altitude Z_p interviendront du fait de l'enchaînement, non seulement la lecture de l'altimètre en S_p, mais aussi les lectures aux points de vue $S_{p+1}, \ldots$ et $S_{p-1}, S_{p-2}, \ldots$, l'influence de ces lectures diminuant à mesure qu'on s'éloigne du point de vue S_p d'autant plus rapidement que le poids attribué aux opérations d'enchaînement est plus faible. L'erreur probable sur l'altitude compensée sera donc plus faible que l'erreur probable d'une mesure altimétrique unique et ce d'autant plus que l'enchaînement sera plus précis.

Sous forme mathématique, soit $S_0, S_1, \ldots, S_n, S_{n+1}$. Les points de vue Z_0,

(*) Séance du 17 mai 1954.

$Z_1, \ldots, Z_{n'}, Z_{n+1}$ leurs altitudes $Z'_0, Z'_1, \ldots, Z'_n, Z'_{n+1}$ les données de l'altimètre. Les opérations d'enchaînement fournissent la valeur $d\theta_p$ de la projection du petit angle formé par les deux bases d'extrémité S_p sur le plan vertical contenant la première.

En prenant la longueur moyenne des bases comme unité de longueur, on peut écrire les n relations « internes »

$$Z_{p+1} - 2Z_p + Z_{p-1} + U - d\theta_p = 0,$$

auxquelles on attribue le poids 1. L'inconnue, u, englobe l'erreur systématique commise dans la détermination de $d\theta_p$ et l'effet de la courbure de terre.

Les données de l'altimètre fournissent d'autre part les $n+2$ relations « externes » $Z_p - Z'_p = 0$ auxquelles on attribue le poids λ. Le système des $2n+2$ équations à $n+3$ inconnues est résolu par la méthode des moindres carrés. Pour n et λ donnés la pose des équations finales et leur résolution peut se faire d'avance, aux termes constants près, et le calcul est très rapide.

La détermination des inclinaisons transversales β_p se fait d'après un principe identique. Les données « internes » sont les sites relatifs $\varphi_{p,p+1}$ les données « externes » sont fournies par un indicateur de niveau transversal quelconque (niveau, gyroscope, pendule, etc.).

Enfin la transmission d'échelle peut être corrigée en considérant comme données externes les résultats d'une triangulation radiale appuyée sur quelques positions planimétriques.

On possède alors tous les éléments nécessaires au calcul rapide d'un canevas altimétrique très approché, avant toute détermination au sol.

ÉLECTRONIQUE. — *Réalisation d'un spectrographe électrostatique à partir d'un microscope électronique.* Note (*) de M. **Bernard Gauthé**, présentée par M. Gaston Dupouy.

Les pertes d'énergie discrètes subies par les électrons lents lorsqu'ils traversent des pellicules solides très minces ont été d'abord signalées par G. Ruthemann [1] et W. Lang [2], qui utilisaient un spectrographe magnétique [3]. Par la suite G. Möllenstedt [4] a repris ces travaux en mettant à profit la sensibilité chromatique d'une lentille électrostatique

(*) Séance du 26 juillet 1954.

(1) *Ann. Physik*, (6), 2, 1948, p. 113.

(2) *Optik*, 3, 1948, p. 233.

(3) H. Voges et G. Ruthemann, *Z. Physik*, 114, 1939, p. 709.

(4) *Optik*, 5, 1949, p. 499.

employée en régime transgaussien. Les fluctuations de l'alimentation haute tension sont par ailleurs moins critiques.

Afin de poursuivre l'étude de ces phénomènes j'ai choisi la méthode de Möllenstedt et j'ai construit avec Septier un spectrographe en remplaçant dans un microscope électrostatique la lentille de projection ordinaire par une lentille cylindrique appropriée.

Cette lentille « analysatrice » spécialement calculée par A. Septier ([5]) a été réalisée d'après ses indications. Au-dessus de cette lentille une fente très fine délimite un faisceau électronique laminaire; son axe est orienté parallèlement à celui de la fente centrale de la lentille analysatrice. Deux tiges de commande permettent d'exécuter les réglages de l'extérieur : l'un d'eux contrôle le déplacement latéral de la fente dans un plan horizontal et l'autre son ouverture, variable de 200 à quelques microns; les dispositifs de commande et le support sont logés à l'intérieur d'un boitier fixé sur celui de la lentille analysatrice. Pour obtenir la plus grande luminosité l'objectif *c* a aussi été modifié : le trou circulaire de l'électrode centrale a été remplacé par une fente parallèle à celle de la lentille analysatrice.

Par ailleurs quelques modifications dans les alimentations électriques se sont avérées nécessaires; pour éclairer la fente en lumière parallèle et réduire ainsi au maximum la largeur de l'image, il fallait faire varier dans de larges limites la tension de l'objectif et la polarisation de Wehnelt (W). J'ai donc remplacé la polarisation automatique par un potentiomètre P_1 alimenté par des piles; le potentiel de l'objectif est variable de façon continue (P_2) entre celui de la cathode F et celui de la masse. Enfin j'ai muni l'appareil d'un dispositif d'étalonnage qui permette de contrôler son pouvoir dispersif. A cet effet un circuit potentiométrique P_3 est intercalé entre la cuve haute-tension et le filament de manière à diminuer la tension d'accélération de quantités connues, tout en maintenant constant le potentiel de la lentille analysatrice. La figure 1 représente l'ensemble de l'alimentation haute-tension.

On recherche les conditions optima de fonctionnement en augmentant progressivement, pour un potentiel donné de la lentille analysatrice, le décalage latéral de la fente; l'image de celle-ci quitte d'abord le champ d'observation, puis revient en sens inverse : on se trouve alors placé dans une zone de grande sensibilité chromatique, tout en conservant une image correcte; si l'on augmente encore le décalage latéral, l'image effectue une série d'oscillations de plus en plus serrées, mais en devenant rapidement large et déformée, donc moins facilement utilisable. On peut naturellement aussi modifier le potentiel de la lentille analysatrice : en augmentant la surtension négative on obtient le retour de l'image transgaussienne pour

---

([5]) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 658.

un décalage latéral de moindre amplitude et par suite une meilleure image, plus fine et moins perturbée.

Il est à remarquer qu'on améliore sensiblement la qualité des images

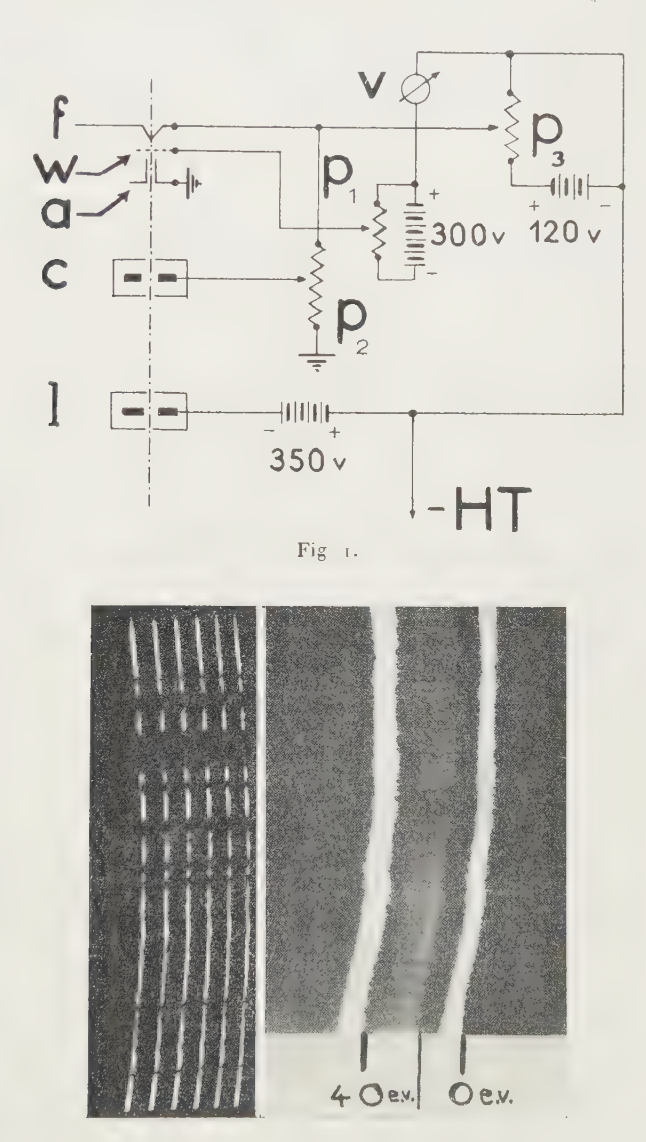


Fig. 1.

Photo 1. Photo 2.

en remplaçant les lèvres primitives de la fente, constituées d'acier inoxydable non magnétique, par des lèvres en argent, qui se contaminent moins facilement; en effet en régime transgaussien les moindres irrégularités mécaniques, électriques ou magnétiques sont très fortement amplifiées.

La photographie 1 montre l'aspect d'un cliché d'étalonnage; l'écart pour entre chacune des « raies » correspond à une différence d'énergie de 10 eV

une tension d'accélération de 18 keV. La photographie 2 a été obtenue en interposant une pellicule d'aluminium sur le trajet du faisceau électronique, à l'aide d'un porte-objet escamotable. Elle montre une bande à bord net vers les hautes énergies, et à bord flou vers les basses énergies, qui correspond à une perte de $16,5 \pm 1,5$ eV.

Une prochaine publication donnera les résultats obtenus avec différents métaux.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Étude d'une lentille électronique à fentes pour analyseur de vitesses.* Note (*) de M. **Albert Septier**, présentée par M. Gaston Dupouy.

L'analyse du spectre de vitesses d'un faisceau électronique à l'aide d'une lentille électrostatique à symétrie cylindrique fonctionnant en régime transgaussien a été introduite il y a quelques années par G. Möllenstedt [1]. J'ai calculé ici les caractéristiques d'une lentille de ce genre destinée à équiper l'analyseur décrit par ailleurs par B. Gauthé.

Le potentiel dans le plan de symétrie xOz d'une telle lentille à trois fentes est évalué par superposition linéaire des potentiels dus à des fentes infiniment longues percées dans des diaphragmes infiniment minces ; cette méthode a été utilisée avec succès dans des problèmes à symétrie de révolution [2]. Le potentiel est représenté par l'expression

$$(1) \qquad \Phi(x) = 1 - \frac{1-\sigma}{2(z_2 - z_1)} \Big[\left(a_2^2 + (x + x_2)^2\right)^{\frac{1}{2}} + \left(a_2^2 + (x - x_2)^2\right)^{\frac{1}{2}} - \left(a_1^2 + (x - x_1)^2\right)^{\frac{1}{2}} - \left(a_1^2 + (x - x_1)^2\right)^{\frac{1}{2}} \Big],$$

avec $V_2 = 1$ et $\sigma = V_1/V_2$; a_2 et a_1 représentent les demi-largeurs des fentes, et x_1 la demi-épaisseur de l'électrode centrale (*fig.* 1); dans une zone assez large située de part et d'autre du plan de symétrie, avec toutefois $y < a_1$, a_2, la répartition de potentiel $\Phi(x, y)$ est donnée par

$$(2) \qquad \Phi(x, y) = \Phi(x) - \frac{y^2}{2} \Phi''(x).$$

La répartition (1) pouvant être assimilée dans les régions d'incidence et d'émergence à la parabole $\Phi_1(x) = 1 - n(x \pm x_0)^2$ et dans la région centrale à la parabole $\Phi_2(x) = \Phi_0 + px^2$ (avec dans notre cas particulier $n = 0,0234$, $p = 0,0387$ et $\Phi_0 = 0,067$) les équations des trajectoires transgaussiennes s'écrivent simplement dans ces régions :

$$\left(\frac{1}{n} - (x \pm x_0)^2 + y^2\right) y'' = (1 + y'^2)[y + y'(x \pm x_0)]$$

(*) Séance du 26 juillet 1954.

(1) *Optik*, 9, 1952, p. 473-480.

(2) A. Septier, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1203.

et

$$\left(\frac{\Phi_0}{p} - x^2 + y^2\right) y'' = (1 + y'^2)(y + x y').$$

Les solutions sont respectivement de la forme :
région d'incidence :

$$y_1 = y_0 \operatorname{ch}\left[\arcsin(x + x_0)\sqrt{\frac{\beta^2}{1 + y_0^2\beta^2}}\right], \qquad \text{avec} \quad \beta = \sqrt{n};$$

région centrale :

$$y_2 = \mathrm{A} \cos\left[\operatorname{arg\,sh}\left(x\sqrt{\frac{\alpha^2}{1 - \mathrm{A}^2\alpha^2}}\right) - \varphi\right], \qquad \text{avec} \quad \alpha = \sqrt{\frac{p}{\Phi_0}};$$

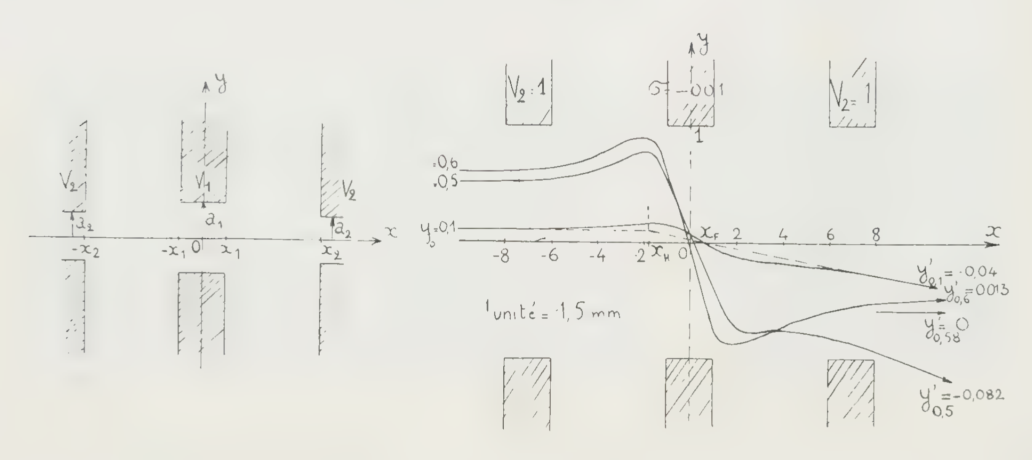


Fig. 1. Fig. 2.

région d'émergence :

$$y_3 = \mathrm{B}_{\mathrm{sh}}^{\mathrm{ch}}\left[\arcsin(x - x_0)\sqrt{\frac{\beta^2}{1 + \mathrm{B}^2\beta^2}} - \psi\right].$$

Les constantes A, φ, B et ψ sont déterminées en raccordant les trajectoires à la limite de chacun des différents domaines. y_0 est l'ordonnée à l'origine de la trajectoire initialement parallèle au plan de symétrie.

Nous avons calculé ces trajectoires pour plusieurs polarisations σ de l'électrode centrale de la lentille proposée, afin de déterminer la valeur de y_0 conduisant à une trajectoire sortant parallèlement au plan de symétrie (ce qui constitue le réglage optimum de la lentille analysatrice) et la valeur du déplacement D sur l'écran d'observation de la pseudo-image de la fente objet pour une variation Δy_0 donnée (l'écran est situé à une distance L = 500 mm de la lentille).

Nous sommes arrivé aux résultats suivants (*fig.* 2) :

$$y_{0_{\text{optimum}}} = 0,87 \text{ mm}, \qquad \mathrm{D} = 47,5 \text{ mm}, \qquad \text{pour} \quad \Delta y_0 = 0,15 \text{ mm}.$$

La fente objet ayant une largeur minimum de $1\,\mu$, la largeur de la pseudo-image sera au minimum de 0,3 mm en supposant le faisceau parfaitement monocinétique. Le spectre de vitesses dû à la source (0,3 V pour un filament de tungstène) l'élargit notablement. En effet, la trajectoire d'un électron abordant la lentille analysatrice avec une vitesse inférieure de $\delta\Phi$ à la vitesse des autres particules se calcule en utilisant une répartition de potentiel $\Phi(x, y)$ décalée de $\delta\Phi$. En première approximation, elle sera la même que celle d'un électron non ralenti abordant la lentille à une distance plus forte de δy_0 du plan de symétrie, et rencontrant des potentiels décalés de $\delta\Phi$. On doit avoir $\delta\Phi = \Phi''(x) y_0 \delta y_0$ (avec $V_2 = 1$). On a donc dans la région d'incidence : $\delta\Phi/V_2 = 2 n y_0 \delta y_0$ ou $\delta y_0 = \delta\Phi/V_2 . 2 n y_0$. Dans notre cas particulier, pour $\delta\Phi = 0{,}3$ V, et $V_2 = 30$ kV, on aurait $\delta y_0 \# 0{,}5 . 10^{-3}$ mm. La pseudo-image ne pourra donc, compte tenu du spectre de vitesses dû à la source, avoir une largeur inférieure à $\delta = 0{,}45$ mm pour une largeur de fente de $1\,\mu$.

Un écart de 10 V équivaudrait à un déplacement $\delta y_0 = 16\,\mu$, et fournirait un déplacement de la pseudo-image de $d \# 5$ mm. Les expériences menées par B. Gauthé dans les mêmes conditions de voltage, ont confirmé ces résultats de façon satisfaisante.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Un essai de microscopie électronique à photoémission.* Note (*) de M. **E. Louis Huguenin**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons construit un microscope électronique du type électrostatique où l'on forme l'image d'une surface émettant des électrons sous l'effet d'un rayonnement ultraviolet. L'appareil est entièrement démontable; la tête du microscope, fort simple, permet les déplacements sous vide de l'objet à étudier. Une lampe à vapeur de mercure à haute pression, suivie de deux condenseurs, éclaire l'objet en lumière presque rasante (incidence environ 80°).

Le microscope fonctionne sous 20 000 V. Il comprend deux étages. Le premier étage est constitué par une lentille du type à immersion que nous avons calculée d'après les travaux de Septier. L'objet étant situé à une distance de 7 mm du wehnelt, distance nécessaire pour permettre l'éclairage par la lampe, cette lentille donne un grandissement de 15 sur l'écran placé à 50 cm. Le deuxième étage comprend une lentille de projection à trois électrodes. L'ensemble des deux lentilles donne un grandissement direct de 120 (variable) dans les conditions normales de fonctionnement.

Au cours des premiers essais, l'image était observée sur un écran fluorescent, par transmission. Par la suite, nous avons dû remplacer celui-ci

(*) Séance du 26 juillet 1954.

par un bloc écran-caméra, la surface de l'écran étant directement observée. Ceci permet d'augmenter la luminosité dans un rapport de 1 à 10 environ.

Les premières images observées ont été celles de rayures fraîches faites à la surface de métaux tels que le zinc, cuivre, argent et aluminium. Nous avons photographié ces rayures à l'extérieur du microscope avec un appareil photographique très ouvert. Nous avons dû utiliser des temps de pose, de l'ordre de 15 mn (plaques « Superfulgur » Guilleminot). Ces conditions pénibles de prise de vue nous ont amenés à placer à l'intérieur de l'appareil le bloc écran-caméra. Un temps de pose de 2 à 5 s était alors largement suffisant. La figure 1 représente une photographie de l'écran fluorescent prise à l'extérieur de l'appareil (rayures sur du zinc); la lumière parasite ultraviolette en a voilé la partie centrale.

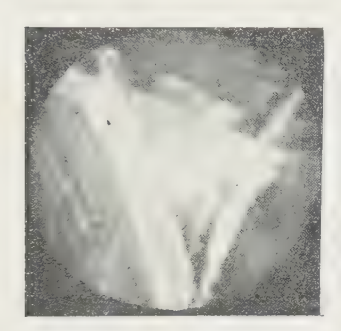


Fig. 1.

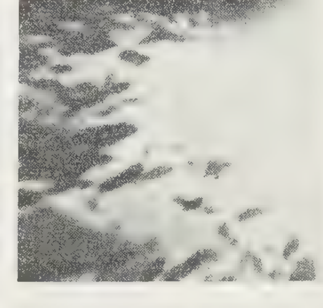


Fig. 2.

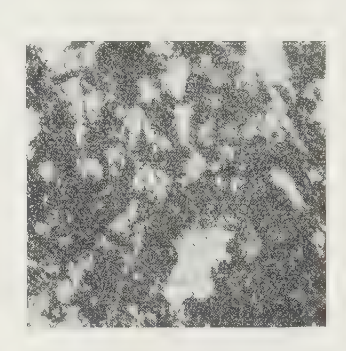


Fig. 3.

Les seules structures que nous avons pu voir ont été des rayures fraîches faites sur le métal, la structure cristalline de celui-ci n'étant pas visible, conformément à d'anciennes observations de Mahl. Nous avons aussi attaqué le métal, après l'avoir poli, par un réactif chimique approprié, afin de faire apparaître sa structure. Mais il nous a été impossible de nettoyer entièrement la surface, aucune émission n'est alors permise. L'état de propreté superficielle est fondamental : les contaminations modifient l'émission, pouvant même l'arrêter. Nous avons constaté que des rayures nettoyées avec de l'eau distillée ou de l'alcool n'émettent plus. L'acétone et l'éther purs n'ont par contre aucune influence. Nous avons donc été amenés à introduire dans le microscope un canon à ions gazeux destiné à nettoyer par impact ionique la surface du métal, préalablement attaquée par un réactif chimique.

Le canon d'ions répond au schéma classique. L'électrode interne est portée à un potentiel positif, tandis que l'électrode externe, réunie à la masse, constitue l'enveloppe du canon. Il peut être amené dans l'axe du microscope, entre les deux lentilles électrostatiques, pour le bombardement, puis écarté lors du fonctionnement de l'appareil. L'objet bombardé

se trouve à 40 mm de l'embouchure du canon. Un robinet à fuite réglable permet de réaliser la pression convenable pour l'entretien de la décharge. Nous opérons habituellement avec un débit de 150 μA et une accélération de 10 000 eV avec de l'air.

La figure 2 (temps de pose : 4 s), représente la surface d'un échantillon de cuivre attaqué par un réactif chimique (NO_3H concentré) puis nettoyé par bombardement ionique. Le moutonnement que l'on observe tient au fait que l'échantillon n'ayant pas été recuit, les cristaux de cuivre sont brisés, comme on peut le constater sur la photographie 3, prise au microscope métallographique représentant une région analogue à celle observée électroniquement. Ces expériences préliminaires nous ont amené à modifier la construction du microscope afin d'améliorer l'optique électronique et de supprimer l'influence de la lumière parasite ultraviolette sur l'écran fluorescent.

OPTIQUE. — *Étude optique de lames minces de fluorure de calcium dans la zone de réflexion totale.* Note de M. **Paul Bousquet**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans une Note précédente [1], nous avons décrit un système de franges que l'on peut observer lorsqu'on dépose, par vaporisation thermique, une lame de fluorure de calcium de quelques microns d'épaisseur sur la face hypoténuse d'un prisme de verre à réflexion totale. Nous terminions, en signalant que, si la position des franges observées s'expliquait correctement lorsqu'on n'était pas au voisinage immédiat de l'angle limite verre-lame, les franges les plus voisines de cette incidence limite présentaient toujours des irrégularités notables. Depuis lors, une autre expérience nous a montré aussi des perturbations dans la réflexion totale de la lumière sur les mêmes lames.

Faisons tomber sur le prisme un faisceau lumineux convergent polarisé rectilignement à 45° du plan d'incidence et plaçons un analyseur sur le faisceau émergent qui a subi la réflexion totale sur la lame. Le polariseur et l'analyseur étant parallèles, on observe dans le faisceau réfléchi une série de franges rectilignes, localisées à l'infini, et correspondant à des angles d'incidence sur la surface verre-lame compris entre les deux angles limites verre-air et verre-lame; les franges sont très nettes et vivement colorées en lumière blanche; elles s'inversent si le polariseur et l'analyseur sont croisés.

L'existence de ce système de franges est normale; elle traduit des phénomènes d'interférence à l'intérieur de la lame. Si l'on trace la courbe théorique donnant en fonction de l'angle d'incidence la différence de phase entre les composantes perpendiculaire et parallèle au plan d'incidence, dans le faisceau

(1) P. Bousquet, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 516.

réfléchi, cette courbe présente une série d'oscillations, d'autant plus nombreuses que la lame est plus épaisse; mais ces oscillations sont régulières et devraient donc se traduire par un système régulier de franges dans la lumière réfléchie. Or, les franges observées comme indiqué ci-dessus se présentent de façon très irrégulière au voisinage de l'angle limite, dans la région même où nous avions primitivement observé l'irrégularité des franges de diffusion. Ces deux phénomènes paraissent donc liés et sont peut-être dus à une même cause.

Pour étudier de plus près le nouveau phénomène nous avons mesuré dans la lumière réfléchie totalement par nos lames la différence de phase entre les composantes parallèle et perpendiculaire au plan d'incidence, ainsi que le rapport des intensités de ces deux composantes. Nous avons utilisé à cet effet un analyseur de Chaumont, monté sur un goniomètre, qui nous a permis pour toute valeur de l'angle d'incidence de déterminer les caractéristiques de la lumière elliptique réfléchie. Notre étude a porté sur une série de lames de fluorure de calcium dont nous avons en même temps mesuré l'épaisseur optique par spectrophotométrie sous incidence normale. L'épaisseur des lames étudiées a varié entre quelques dixièmes de longueur d'onde et dix longueurs d'onde environ.

Pour des épaisseurs relativement faibles, jusqu'à une longueur d'onde environ, l'accord est satisfaisant entre les courbes théoriques et expériment tales. Quant au rapport des intensités $I_{\parallel}$ et $I_{\perp}$ des deux composantes il reste constamment égal à 1, comme le veut la théorie, puisque les deux composantes subissent la réflexion totale.

Pour des épaisseurs supérieures, à partir de 2λ environ, les courbes expérimentales commencent à présenter des particularités que ne présentent pas les courbes théoriques. C'est ainsi que pour des lames dont l'épaisseur optique est de l'ordre de 14 000 Å la courbe représentant $\alpha_{\perp}-\alpha_{\parallel}$ présente un minimum très accentué pour un angle d'incidence un peu inférieur à l'angle limite verre-lame. A mesure qu'on étudie des lames plus épaisses le nombre de ces oscillations que ne prévoient pas les calculs augmente; elles traduisent des variations de phase très rapides et très importantes au voisinage immédiat de l'angle limite. Au delà de cet angle toute oscillation disparaît. Les courbes $I_{\parallel}/I_{\perp}$ présentent aussi des particularités. Normalement la réflexion devant être totale pour les deux composantes, à partir du premier angle limite (angle d'incidence sur la lame égal à l'angle limite verre-air), le rapport $I_{\parallel}/I_{\perp}$ devrait être constamment égal à 1. En réalité, en faisant croître l'incidence à partir de cet angle limite, on observe un certain nombre d'oscillations du rapport $I_{\parallel}/I_{\perp}$, plus ou moins marquées suivant l'épaisseur de la lame.

Lorsqu'on approche du deuxième angle limite (angle d'incidence sur la lame égal à l'angle limite verre-lame) ces variations de $I_{\parallel}/I_{\perp}$ deviennent très rapides et importantes. L'intensité relative des deux composantes varie très rapidement dans cette région; la réflexion n'y est donc pas totale les facteurs de réflexion

variant au contraire très brusquement et devenant même très faibles pour certaines valeurs de l'incidence.

Ces particularités de la courbe $I_{\parallel}/I_{\perp}$ s'illustrent d'ailleurs parfaitement par l'expérience suivante : faisons réfléchir sur la lame un faisceau lumineux convergent polarisé parallèlement au plan d'incidence. Dans la zone d'incidences étudiée ci-dessus, au lieu d'observer une réflexion totale, on aperçoit un certain nombre de franges noires, certaines très fines et très nettes, qui sont la preuve d'une diminution rapide du facteur de réflexion de la lame pour certaines incidences. Par contre, au delà du deuxième angle limite, toute perturbation cesse et la réflexion est totale pour les deux composantes.

Toutes ces mesures confirment donc l'existence d'anomalies marquées aussi bien au point de vue phases qu'au point de vue intensités dans la réflexion totale de la lumière sur les lames étudiées.

OPTIQUE. — *Réalisation par apodisation d'un objectif isoplanétique.* Note (*) de M. **Robert N. R. Burtin**, transmise par M. Eugène Darmois.

Un sténopé apodisé s'obtient en interposant une matière absorbante entre une lame à faces parallèles et la face courbe d'une lentille plan-convexe. P. M. Duffieux ([1]) a montré des propriétés intéressantes de cette pupille : un point objet sur l'axe donne, dans un plan image normal à cet axe, une répartition d'énergie représentée par la courbe en cloche de Gauss; c'est en effet le carré du module de la transformée de Fourier de la fonction

$$F(x, y) = \exp[-(a+bi)(x^2+y^2)],$$

où a est un coefficient d'absorption et, z_0 étant l'abscisse du foyer, z celle du plan de mise au point,

$$b = \pi\left(\frac{1}{z_0} - \frac{1}{z}\right).$$

L'ouverture numérique d'un sténopé est faible; pour un point objet en dehors de l'axe, dans la direction φ, les aberrations les plus importantes seront l'astigmatisme et la courbure de champ. La tache de diffraction aura une forme elliptique. En tenant compte de l'inclinaison des rayons sur le plan de mise au point et moyennant certaines propriétés des surfaces focales, on doit pouvoir trouver une position de ce plan pour laquelle la section du faisceau est de révolution et identique à celle obtenue sur l'axe, dans le même plan.

La pupille est, pour des axes perpendiculaires à la direction φ :

$$F'(x', y') = \exp[-(c+iA)x'^2 - (d+iB)y'^2],$$

(*) Séance du 26 juillet 1954.

([1]) *Rev. Opt.*, 32, n° 7, 1953, p. 405.

avec

$$d = a = \frac{c}{\cos^2\varphi},$$

$$A = \pi \cos\varphi\left(\frac{1}{t} - \frac{1}{z}\right),$$

$$B = \pi \cos\varphi\left(\frac{1}{s} - \frac{1}{z}\right);$$

t et s étant les abscisses des plans perpendiculaires à l'axe du système passant respectivement par les focales tangentielle et sagittale.

La répartition de l'énergie dans ces figures de diffraction est très bien représentée par les moments du second ordre ([2]). En écrivant que les moments pris par rapport aux deux axes de symétrie de la tache sont égaux entre eux et à ceux de la tache obtenue sur l'axe, nous avons les conditions

$$\frac{1}{\cos\varphi}\left(\frac{1}{t} - \frac{1}{z}\right) = \cos\varphi\left(\frac{1}{s} - \frac{1}{z}\right) = \frac{1}{z_0} - \frac{1}{z}.$$

La forme des surfaces focales est donc fixée; on constate que sur l'axe, leurs courbures doivent être égales et de signe contraire. L'abscisse z du plan de mise au point ne dépend que de ces courbures.

Une vérification expérimentale est aisée : un sténopé afocal suivi d'un objectif périscopique (correction de la courbure de champ) est un système obéissant à la condition précédente. Après étude des surfaces focales d'un périscopique de série, le calcul a montré qu'il fallait un défaut de mise au point de 75 mm, en arrière pour une distance focale de 160 mm, ce qui paraît inquiétant. Cependant, en opérant par photographie en lumière parallèle et très grossièrement monochromatique, on obtient jusqu'à $\varphi = 20°$, limite de notre dispositif expérimental, des taches identiques et seulement deux fois plus larges que la tache de diffraction au foyer d'énergie du système.

Ce résultat peut être amélioré soit en associant le sténopé apodisé à un objectif spécial, soit en adoptant un type plus complexe d'apodisation.

OPTIQUE DE L'ATMOSPHÈRE. — *Remarque sur le rôle des diffusions multiples dans la luminance du ciel.* Note (*) de Mlle **Jacqueline Lenoble**, présentée par M. Jean Cabannes.

A quelques centièmes près, la part des diffusions d'ordre croissant dans la luminance du ciel décroît en progression géométrique avec une raison ne dépendant que de la longueur d'onde, dès la diffusion primaire si le Soleil ou le point d'observation ne s'écarte pas trop du zénith, et pour les diffusions d'ordre élevé dans tous les cas.

([2]) *Rev. Opt.*, 31, n° 6, 1952, p. 265.

(*) Séance du 26 juillet 1954.

Nous avons déjà signalé [1] en calculant la luminance du ciel que la part due aux diffusions d'ordre croissant semble souvent décroître en progression géométrique.

Nous allons essayer de voir comment peut s'expliquer ce fait à partir des équations du rayonnement et dans quelles limites on peut l'utiliser pour évaluer rapidement la luminance du ciel.

Nous considérons une atmosphère pure, plane, homogène, d'épaisseur $\mathcal{H}$ (atmosphère équivalente), en l'absence de réflexion sur le sol et en négligeant l'anisotropie pour les diffusions d'ordre supérieur à 1 [1]. $I(H, \Theta, \Phi)\, dv$ est l'intensité diffusée par un volume dv à l'altitude H et dans la direction (Θ, Φ) et $B(H, \Theta, \Phi)$ la luminance de l'atmosphère pour un point situé à l'altitude H, le rayonnement se propageant dans la direction (Θ, Φ); soit k le coefficient d'absorption, μ le coefficient de diffusion et S l'éclairement solaire aux confins de l'atmosphère.

L'équation du rayonnement s'écrit alors, en calculant par itération l'intensité du rayonnement ayant subi 1, 2, ..., n diffusions [2].

(1) $$I_1(H, \Theta, \Phi) = \mu(\Theta, \Phi; (\pi - \zeta), 0)\, S\, e^{-k(\mathcal{H}-H)Z},$$

(2) $$I_{n+1}(H) = 2\pi\mu \int_0^{\mathcal{H}} I_n(H')\, E_1 \,|\, k(H' - H)\,|\, dH'.$$

Le terme d'ordre n dans la luminance du ciel vu du sol est :

(3) $$B_n(0, \Theta, \Phi) = \int_{\mathcal{H}}^{0} I_n(H, \Theta, \Phi)\, e^{\sec\Theta kH} \sec\Theta\, dH.$$

Un premier cas est celui où I_n varie peu avec H, ce qui est vrai pour la lumière ayant subi un certain nombre de diffusions, nombre qui doit être d'autant plus grand que ζ est plus grand; pour ζ faible, même I_1 varie peu avec H. Dans ce cas, en posant

$$\varphi(H) = \int_0^{\mathcal{H}} E_1 \,|\, k(H' - H)\,|\, dH',$$

l'équation (2) s'écrit :

(2′) $$I_{n+1}(H) \simeq 2\pi\bar{\mu}\, I_n(H)\, \varphi(H) \simeq 2\pi\mu\, I_n(H)\, \bar{\varphi},$$

où $\bar{\varphi}$ est la valeur moyenne de $\varphi(H)$, et :

$$\boxed{B_{n+1} \simeq 2\pi\mu\, \bar{\varphi}\, B_n.}$$

Quand I_n varie rapidement avec H, ce raisonnement n'est plus valable, mais,

---

[1] *Thèse*, Paris, 1954.

[2] Z, fonction de la distance zénithale ζ du Soleil; si $\zeta \leq 70°$, $Z = \sec\zeta$. E_1, exponentielle intégrale.

quand on s'intéresse au ciel près du zénith, $e^{\sec\Theta kH}$ varie lentement avec H et en intervertissant les intégrations dans l'expression de B_{n+1}, on retrouve :

$$B_{n+1} \simeq 2\pi\mu\varphi B_n.$$

On a porté dans le tableau ci-dessous les valeurs de $2\pi\bar{\mu}\varphi_1$, où

$$\varphi_1 = \varphi\left(H = \frac{\mathcal{H}}{2}\right) = \frac{2}{k}\left[1 - E_2\left(\frac{k\mathcal{H}}{2}\right)\right],$$

et de $2\pi\bar{\mu}\bar{\varphi}_2$, où

$$\varphi_2 = \frac{1}{\mathcal{H}}\int_0^{\mathcal{H}} \varphi(H)\,dH = \frac{2}{k}\left[1 - \frac{0,5 - E_3(k\mathcal{H})}{k\mathcal{H}}\right]$$

et les valeurs de a, raison de la progression géométrique trouvée dans les calculs de B_n par itération.

λ Å.	$2\pi\bar{\mu}\bar{\varphi}_1$.	$2\pi\bar{\mu}\bar{\varphi}_2$.	a.
3 100........	0,69	0,62	0,70
3 300........	0,62	0,56	0,61
3 600........	0,52	0,47	0,50
3 900........	0,43	0,40	0,41
4 000........	0,40	0,37	0,38
4 500........	0,30	0,28	0,27
5 000......	0,22	0,21	0,205
5 500......	0,17	0,16	0,16
6 000......	0,13	0,13	0,12
6 500......	0,10	0,09	0,095
7 000......	–	0,075	0,085

Il semble donc qu'à la précision des hypothèses (quelques pour cent) il est possible d'admettre que, pour n croissant, B_n décroît en progression géométrique, de raison déterminée a ne dépendant que de la longueur d'onde λ, dans tous les cas pour les diffusions d'ordre élevé et dès la diffusion primaire si, ou le point du ciel étudié, ou le Soleil ne s'éloigne pas trop du zénith. On a alors une évaluation simple de la luminance :

$$B = B_1 + B_1\frac{a}{1-a} = \frac{B_1}{1-a}.$$

Remarquons, pour terminer, que la méthode de résolution approchée des l'équation du rayonnement que L. V. King (3) a introduite mathématiquement se ramène à un raisonnement tout à fait analogue à celui que nous venons de développer.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Étude de la réaction* $^{109}Ag(\gamma, \alpha)^{105}Rh$. Note (*) de M. **Hubert de Laboulaye** et Mlle **Jacqueline Beydon**, présentée par M. Francis Perrin.

Les auteurs présentent la courbe d'activation, obtenue au bétraton, de la réaction $^{109}Ag(\gamma, \alpha)^{105}Rh$. Ils utilisent l'intermédiaire de la courbe d'activation de $^{58}Ni(\gamma, n)^{57}Ni$ qui est connue. Le ^{105}Rh est extrait par voie chimique. La section

(3) *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, A, **212**, 1913, p. 375.

(*) Séance du 26 juillet 1954.

efficace de $^{109}Ag(\gamma, \alpha)\,^{105}Rh$ trouvée est beaucoup plus grande que ne le prévoit la théorie de l'évaporation statistique.

On ne connaît jusqu'à présent que trois courbes de section efficace (γ, α) en fonction de l'énergie des γ, celles de $^{65}Cu(\gamma, \alpha)^{61}Co$ ([1]), $^{81}Br(\gamma, \alpha)^{77}As$ ([2]) et $^{87}Rb(\gamma, \alpha)^{83}Br$ ([3]), obtenues toutes trois par irradiation au bétraton et analyse radiochimique. Elles présentent l'aspect en cloche caractéristique des processus photonucléaires Mais leur importance relative, qu'on peut illustrer par $S = \int_0^\infty (\sigma E_\gamma) dE_\gamma$, décroît rapidement dans le sens des A croissants :

$$S(^{65}Cu),\ S(^{81}Br),\ S(^{87}Rb) = 100,\ 12,3,\ 5,1.$$

L'étude à l'aide d'émulsion photographique des α émis semble compatible ([4]), ([5]) avec celle déduite d'un modèle d'évaporation statistique ([6]) à condition de ne pas tenir compte d'un pic mal expliqué aux basses énergies ([7]). Cette constatation a incité divers auteurs ([4]) à accorder crédit aux estimations de section efficace basées sur ce modèle. De préférence à $\sigma(\gamma, \alpha)$ qui comporte un grand nombre de termes mal connus, ils calculent le rapport. $\sigma(\gamma, \alpha)/\sigma(\gamma, n) = \Gamma_\alpha/\Gamma_n$ et déduisent les $\sigma(\gamma, \alpha)$ des $\sigma(\gamma, n)$ beaucoup plus grandes et faciles à mesurer. Les calculs indiquent une décroissance très rapide de $\sigma(\gamma, \alpha)$ en fonction de A, surtout dans les régions où l'effet de barrière de potentiel joue un rôle important.

Par contre, on sait ([8]) que la décroissance de la section efficace des réactions (n, α) provoquées par neutrons de 14,5 MeV est beaucoup moins rapide en fonction de A que ne le prédit la théorie de l'évaporation statistique. Si l'on admet pour les deux types de réaction qu'il y a passage par un noyau composé doté d'une énergie d'excitation comparable, on doit s'attendre à une variation analogue des $\sigma(\gamma, \alpha)$. Pour vérifier cette hypothèse, nous avons entrepris l'étude de la réaction $^{109}Ag\,(\gamma, \alpha)\,^{105}Rh$.

Les rayons γ sont produits par le bétatron Allis-Chalmers de 22 MeV du C. E. A. (Institut G. Roussy à Villejuif). La cible est un cylindre d'argent de 20 mm de diamètre et 20 mm d'épaisseur centré sur l'axe du faisceau à 40 cm de l'anticathode. Elle est encadrée par deux disques minces (0,1 mm) de Ni, de 20 mm de diamètre également, qui servent de moniteurs d'intensité du faisceau car la période de ^{57}Ni obtenu par (γ, n) est, à 3 ‰ près, celle de ^{105}Rh cherché.

([1]) R. N. H. Haslam, L. A. Smith et J. G. V. Taylor, *Phys. Rev.*, 84, 1951, p. 840.
([2]) J. G. V. Taylor et R. N. H. Haslam, *Phys. Rev.*, 87, 1952, p. 1138.
([3]) R. N. H. Haslam et H. M. Skarsgard, *Phys. Rev.*, 81, 1951, p. 479.
([4]) H. Nabholtz, P. Stoll et H. Waffler, *Helv. phys. Acta*, 25, 1952, p. 701.
([5]) C. H. Millar, *Can. J. Phys.*, 31, 1953, p. 262.
([6]) J. M. Blatt et V. F. Weisskopf, *Theoret. nucl. Phys.*, Wiley and Sons, New-York.
([7]) C. H. Millar et A. G. W. Cameron, *Can. J. Phys.*, 31, 1953, p. 723.
([8]) E. B. Paul et R. L. Clarke, *Can. J. Phys.*, 31, 1953, p. 267.

Le cylindre d'argent est dissous dans NO_3H. On ajoute 10 mg de Fe à l'état de $(NO_3)_3Fe$. On précipite par l'ammoniaque $Fe(OH)_3$ qui entraîne ^{105}Rh. Le précipité est débarrassé de l'argent restant par redissolution dans NO_3H et reprécipitation par NH_4OH. On fait trois précipitations successives de $Fe(OH)_3$ par addition, chaque fois, de $(NO_3)_3Fe$. L'hydroxyde de fer, desséché, est finement pulvérisé. Les sources minces (3 mg/cm^2) sont comptées au compteur cloche. Les méthodes d'extraction chimique et de préparation des sources ont été contrôlées en utilisant des solutions-témoins de ^{105}Rh préparé à la Pile. L'activité d'une source à partir d'une solution donnée est reproductible à 2 % près.

On détermine les valeurs absolues d'activité des sources de ^{105}Rh comme

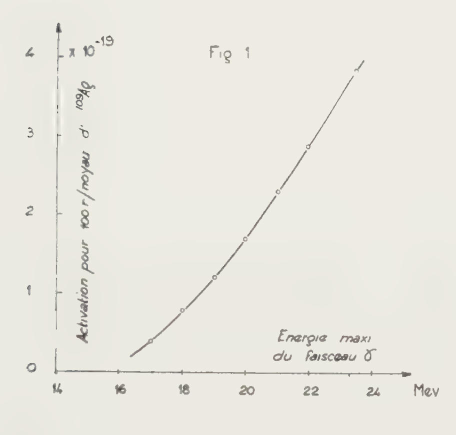


Fig. 1 : Courbe d'activation

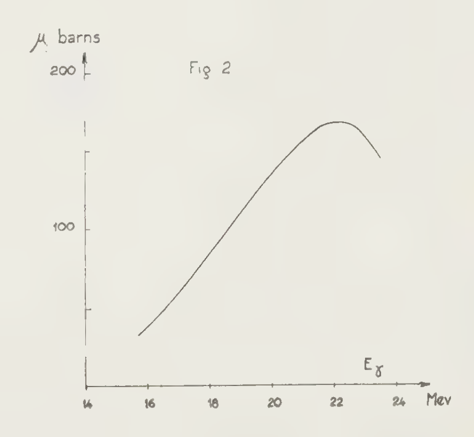


Fig. 2 : Section efficace de $^{109}Ag(\gamma, \alpha)\,^{105}Rh$

de ^{57}Ni par étalonnage en couche infiniment mince au compteur 4π. Les schémas de désintégration adoptés sont tirés de ([9]). A partir de ces activités absolues et après corrections d'absorption γ dans Ag et d'ouverture angulaire du faisceau, on déduit la courbe d'activation (γ, α) inconnue de ^{109}Ag (*fig.* 1) de celle, connue, de $^{58}Ni(\gamma, n)\,^{57}Ni$ ([10]). La courbe de section efficace (*fig.* 2) est calculée par la méthode dite de « photon difference » ([11]).

Passant par l'intermédiaire de la courbe d'activation de $^{58}Ni(\gamma, n)\,^{57}Ni$ relevée par les Canadiens, nous nous référons à leur étalonnage en intensité défini dans ([12]). Une partie de ^{105}Rh pourrait être issue de la réaction $^{107}Ag(\gamma.\,2p)^{105}Rh$

([9]) J. M. Hollander, I. Perlman et G. T. Seaborg, *Rev. mod. Phys.*, 25, 1953, p. 469.

([10]) Communiquée par le Professeur L. Katz (Université de Saskatchewan).

([11]) L. Katz et A. G. W. Cameron, *Can. J. Phys.*, 29, 1951, p. 518.

([12]) H. E. Johns, L. Katz, R. A. Douglas et R. N. H. Haslam, *Phys. Rev.*, 80, 1950, p. 1062.

mais c'est très improbable car on a montré que la réaction $^{109}Ag(\gamma, 2p)^{107}Rh$, de caractéristiques semblables, ne se produisait pratiquement pas en dessous de 22 MeV.

En conclusion, la décroissance avec A des $\sigma(\gamma, \alpha)$ semble beaucoup plus lente que ne l'indique la théorie statistique : par exemple, alors que celle-ci prévoit pour $E_\gamma = 17,6$ MeV, une $\sigma(\gamma, \alpha)$ de ^{109}Ag 1000 fois plus petite que celle de ^{81}Br (4), les résultats ci-dessus montrent que ces deux σ sont presque égales. La section efficace intégrée de ^{87}Rb est inférieure à celles de ^{81}Br et ^{109}Ag qui l'encadrent, probablement parce que ce nuclide est saturé à 50 neutrons. Des recherches sur des noyaux-cibles de A plus élevés sont en cours.

RÉSONANCE NUCLÉAIRE. — *Résonance magnétique nucléaire en champ tournant.* Note (*) de MM. **Claude Manus, Georges Béné, Pierre Denis, Richard Extermann** et **Robert Mercier**, transmise par M. Jean Cabannes.

Les conditions de résonance en champ tournant et les effets de relaxation sont brièvement interprétés à l'aide de la théorie macroscopique de la résonance magnétique.

L'étude de la résonance magnétique en champ alternatif, qui a fait l'objet d'une Note antérieure (1), a été complétée à l'aide du même dispositif par celle de l'induction nucléaire dans un champ tournant. Nous décrivons brièvement ci-dessous les conditions expérimentales et les résultats obtenus.

Le champ tournant est obtenu à partir du secteur alternatif triphasé à l'aide du montage classique de Scott qui donne un courant diphasé. Les deux phases alimentent deux paires de bobines à axes perpendiculaires, la symétrie géométrique et l'égalité des courants assurant un champ d'amplitude constante tournant à la période du réseau dans le plan des axes des bobines. Nos expériences, portant sur la résonance des protons à la fréquence de 360 kc/s, ont été entreprises en champ elliptique, c'est-à-dire avec une amplitude différente des courants dans les deux paires de bobines. Nous avons passé de manière continue d'un champ purement alternatif à un champ tournant elliptique (rapport des axes environ égal à 4).

Dans un tel dispositif, le moment magnétique tourne à la fréquence du champ en gardant toujours une valeur relativement importante. Il passe au contraire par une valeur très voisine de 0 dans le cas du champ alternatif.

Une théorie élémentaire analogue à celle utilisée précédemment pour interpréter les effets de relaxation en champ alternatif rend qualitativement compte des résultats observés. Le signal diminue d'amplitude lorsque croît

(*) Séance du 26 juillet 1954.

(1) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1315.

le rapport T_l/T_s du temps de relaxation longitudinale à la période de rotation du champ, mais cette diminution est beaucoup moins importante que dans le cas du champ alternatif. On prévoit également, et l'expérience l'a confirmé, une variation de la phase du moment résultant par rapport au champ tournant lorsque varie le rapport T_l/T_s. Par ailleurs si, en champ alternatif comme en champ constant, le signal de résonance disparaît lorsque les axes des deux champs (principal et H. F.) sont parallèles, cette extinction n'a pas lieu en champ tournant. Lorsque l'axe du champ H. F. est parallèle au grand axe de l'ellipse les quatre directions pour lesquelles l'amplitude du champ tournant correspond à la résonance forment en général un angle assez grand pour que les résonances aient une amplitude suffisante. Il est aisé de se rendre compte qu'il existe deux positions de la bobine H. F. pour lesquelles deux des quatre signaux disparaissent. Il faut noter que dans la position la plus défavorable des bobines H. F. (champ H. F. parallèle au grand axe de l'ellipse) les signaux diminuent rapidement d'amplitude lorsque croît l'excentricité de l'ellipse. Tous ces résultats découlent de la théorie classique de la résonance nucléaire.

RAYONS COSMIQUES. — *Sur l'intensité totale et les spectres différentiels des moments de la composante nucléaire du rayonnement cosmique au voisinage de l'équateur observés au moyen d'une émulsion sensible.* Note (*) de MM. **Tsai-Chü** et **Max Morand**, transmise par M. Eugène Darmois.

Les spectres des moments des protons lents, compte tenu de la répartition angulaire, présentent un maximum secondaire du côté des faibles énergies. Pour les protons, l'effet de latitude est environ deux fois plus petit que pour les neutrons.

1. Dans les Notes précédentes (1), (2) nous avons montré que la répartition zénithale de l'intensité de la composante nucléaire varie avec l'énergie. Le spectre différentiel des moments des protons lents à Tamanrasset (3) a été obtenu sans tenir compte de cette variation. En supposant que la répartition zénithale est donnée par $j(\theta)=j(0)\cos^\lambda\theta$, l'intensité verticale absolue $j(0)$ est évaluée au moyen de la relation

$$n=tA\int_0^\theta\int_0^{2\pi}j(0)\cos^\lambda\theta\sin\theta\,d\theta\,d\varphi\cos\theta=2\pi tA\,j(0)\,\frac{1-\cos^{\lambda+2}\theta}{\lambda+2},$$

n est le nombre des particules contenues dans un cône de demi-angle zénithal θ et reçues sur une surface horizontale A pendant un temps d'exposition t. L'in-

(*) Séance du 5 juillet 1955.

(1) Tsai-Chü et Max Morand, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 2211.

(2) Tsai-Chü et Max Morand, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1517.

(3) Max Morand et Tsai Chü, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1502.

tensité $j(0)$ est peu sensible à la variation de λ, lorsque l'angle d'ouverture θ est petit ; cependant nous avons alors moins de traces disponibles et les erreurs statistiques sont plus grandes. En tenant compte de la variation de λ il y a donc intérêt à utiliser un cône de plus grande ouverture. Les tableaux I et II indiquent les résultats calculés pour les protons ayant un angle zénithal inférieur ou égal à 60° ; les erreurs sont dues aux fluctuations statistiques, celles qui proviennent de l'imprécision sur λ sont, en général, négligeables.

TABLEAU I.

Tamanrasset : 8,805 m d'eau, 25°30′ N.

ΔE (MeV)	12-21	21-30	30-42	42-56	56-72
	72-115	115-178	178-226	226-261	
P (MeV/c)	150-198	198-237	237-282	282-328	328-375
	375-473	473-599	599-687	687-740	
$I.10^7$	1,8 ± 0,1	1,7 ± 0,2	1,8 ± 0,2	2,6 ± 0,2	2,4 ± 0,2
	2,0 ± 0,2	3,1 ± 0,2	5,5 ± 0,2	2,3 ± 0,3	

TABLEAU II.

Costermansville : 8,555 m d'eau, 4° S.

ΔE (MeV)	12-30	30-36	36-43	43-51	51-67
	67-91	91-176	176-221	221-248	248-298
P (MeV/c)	150-237	237-261	261-286	286-314	314-358
	358-422	422-599	599-679	679-724	724-802
$I.10^7$	1,9 ± 0,1	2,8 ± 0,3	3,2 ± 0,4	3,1 ± 0,3	3,4 ± 0,3
	3,1 ± 0,2	2,2 ± 0,1	4,6 ± 0,3	6,6 ± 0,4	3,2 ± 0,3

2. L'intensité verticale totale calculée pour $\theta \leq 60°$, (protons et quelques pour-cent de mésons), à Tamanrasset (8,805 m d'eau) est $(1,615 \pm 0,044).10^{-4}$ par cm^2.s. stérad. jusqu'à 226 MeV, en bon accord avec la valeur ([3]) obtenue pour $\theta \leq 30°$. Pour la même bande d'énergie, l'intensité à Costermansville (8,555 m d'eau) est $(1,680 \pm 0,057.)10^{-4}$. L'altitude est calculée d'après les pressions moyennes enregistrées pendant toute la durée d'exposition. L'effet de latitude sur les protons entre 25°30′ et l'équateur est $1,16 \pm 0,06$, en ramenant les intensités au même niveau grâce à un parcours d'absorption de 135 $gm.cm^{-2}$, et l'effet entre l'équateur et le Mont Ventoux ([4]) [46°10′, 8,288 m, intensité $(3,26 \pm 0,10).10^{-4}$] est $1,59 \pm 0,08$. Les mêmes effets sur les neutrons sont 1,37 et 2,28 ([5]), donc le taux d'augmentation des neutrons est environ deux fois plus grand que celui des protons. Ceci signifie que l'augmentation plus rapide pour les neutrons lents fait intervenir des primaires de plus faibles énergies que pour les protons.

([4]) M. MORAND, Y. AVIGNON, L. ROSSUM et R. DESPREZ, *Comptes rendus*, **235**, 1952, p. 1639.

([5]) J. A. SIMPSON et W. C. FAGOT, *Phys. Rev.*, **90**, 1953, p. 1068.

Nous avons identifié $5,3 \pm 1,0$ % de mésons à Costermansville et $3,6 \pm 0,8$ % à Tamanrasset. Pour les protons identifiés les valeurs λ moyennes de la répartition zénithale sont $0,86 \pm 0,11$ à Costermansville et $1,01 \pm 0,13$ à Tamanrasset, si l'on suppose que les mésons identifiés ont une valeur moyenne 3,2 pour λ ([6]), les intensités de mésons, corrigées pour la différence de répartition, sont $(2,7 \pm 0,5).10^{-6}$ par gm. s. stérad. à Costermansville et $(2,0 \pm 0,5).10^{-6}$ à Tamanrasset.

3. Les spectres des moments pour les protons (*fig.* 1 et 2) en portant en ordonnées les intensités verticales par unité de moment (I) et en abscisses les

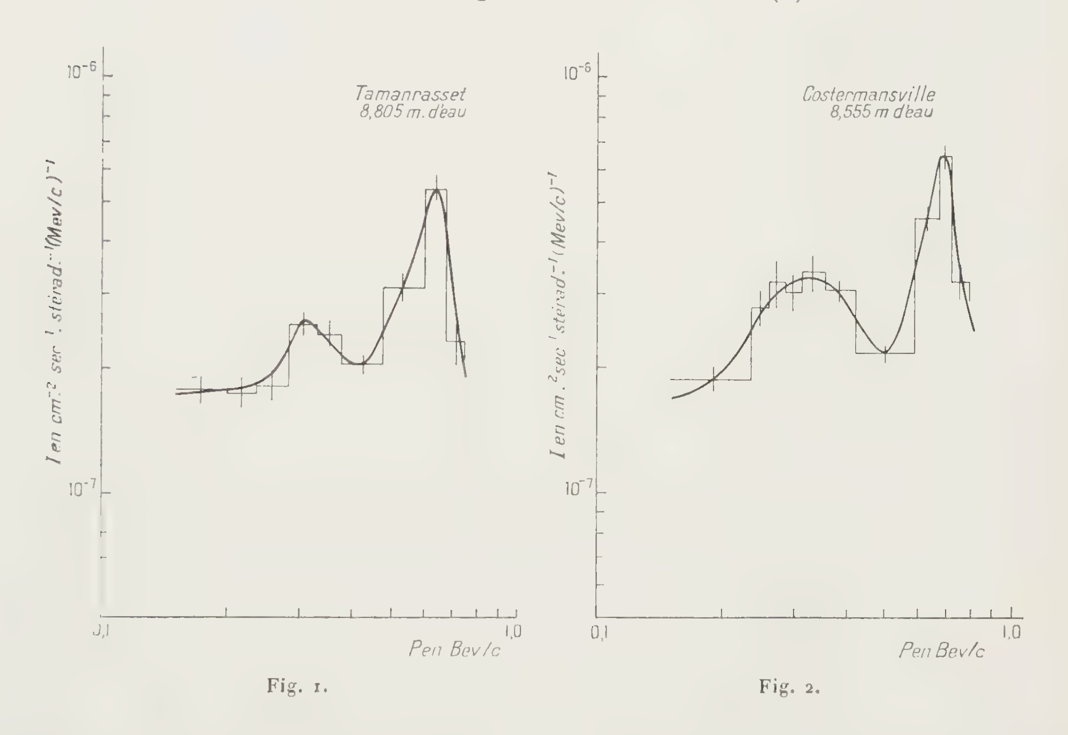


Fig. 1.

Fig. 2.

moments (P), (tableaux I et II) ont une forme analogue à ce que ([3]) nous avons déjà calculé. Les grandes valeurs de λ pour les protons plus énergiques augmentent leur contribution et les petites valeurs de λ pour les protons de faibles énergies la diminuent. D'après des expériences sur les protons énergiques, le spectre de moment passe par un maximnm et diminue avec une puissance de l'ordre de 3 du côté des grandes énergies. En basse altitude quand l'énergie décroît, les absorptions par ionisation et par interaction deviennent aussi efficaces, le nombre des protons lents diminue rapidement avec l'énergie. La plupart des protons lents sont produits dans l'atmosphère au voisinage du lieu d'observation. L'aplatissement de la répartition zénithale

([6]) E. P. George, *Progress in Cosmic Ray Physics*, 1952, p. 432.

de ces particules et la présence d'un maximum secondaire, dans la région de faible énergie correspondant au maximum [7] des particules sortant des étoiles, justifient cette interprétation.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Existence de deux sortes de centres luminogènes infrarouges du cuivre dans le sulfure de cadmium.* Note (*) de MM. **Edmond Grillot** et **Pierre Guintini**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les luminophores SCd (Cu) contiennent deux sortes de centres luminogènes infrarouges avec émission maxima respectivement pour 0,82 et 1,02 μ. L'analogie avec les deux sortes de centres (bleus et verts) du SZn (Cu) apparaît nettement si l'on détermine les énergies de liaison de chacun d'eux par rapport à la bande de valence.

Dans une précédente Note [1], nous avons montré que le sulfure de cadmium pur, activé au cuivre, est un luminophore à émission infrarouge. En plus d'un maximum principal pour 1,02 μ [récemment confirmé par C. F. J. Garlick et M. J. Dumbleton [2]] de sa courbe de répartition énergétique spectrale, nous avions signalé la possibilité de deux maxima secondaires vers 0,85 μ et vers 1,18 μ, pouvant correspondre à d'autres bandes d'émission. Le but de la présente Note est de confirmer l'existence d'une deuxième bande, avec maximum pour 0,82 μ, pouvant devenir prépondérante.

Nous avons en effet préparé une série d'échantillons de SCd(Cu) contenant des quantités croissantes de cuivre, en prenant comme matière première le produit résultant d'une première calcination désulfurante du précipité obtenu par action des ions $S_2O_3^{2-}$ sur les ions Cd^{2+} [3]. Le cuivre additionné sous forme d'acétate a été amené à l'état de sulfure, puis la poudre a été calcinée à 900°, pendant 1 h, dans un creuset de quartz brasqué dans du sulfure de cadmium pur. Tous ces échantillons, excités en lumière de Wood, manifestaient une importante fluorescence infrarouge. Cependant, les courbes respectives de répartition énergétique spectrale montrent que, dans ces conditions, le maximum principal à 1,02 μ ne se retrouve que pour les faibles teneurs en cuivre (courbes 1 et 2). Par contre, pour les teneurs relativement fortes, l'émission a lieu principalement dans le proche infrarouge, avec maximum pour 0,82 μ. La première bande n'est alors plus que pressentie par la forme non gaussienne des courbes 4 et 5 et disparaît dans la courbe 6. Enfin,

---

(7) G. Belliboni et B. Vitale, *Nuovo Cimento*, **10**, 1953, p. 72.

(*) Séance du 26 juillet 1954.

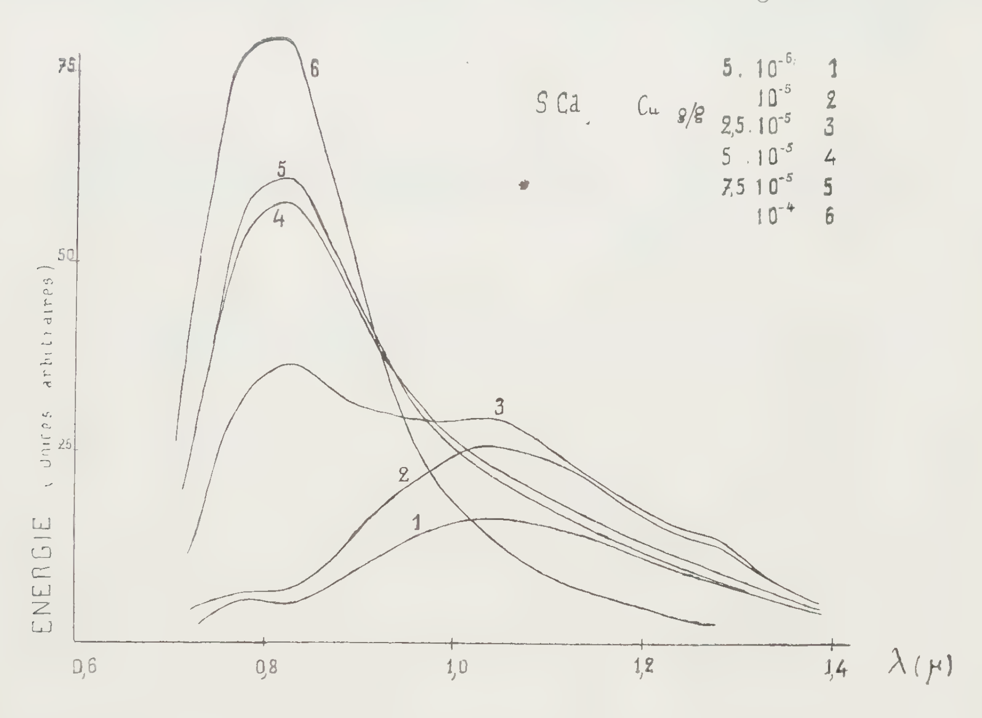
(1) E. Grillot et P. Guintini, *Comptes rendus*, **236**, 1953, p. 802.

(2) *Conference on Luminescence*, Cambridge, 1954 et *Proc. Phys. Soc.*, B, **68**, 1954, p. 496.

(3) E. Grillot, *Bull. Soc.*, **19**, 1951, p. 39.

les deux bandes apparaissent simultanément, d'une façon nette et avec des intensités comparables, pour des teneurs moyennes de cuivre (courbe 3).

Cette influence de la concentration de l'impureté luminogène cuivre dans le sulfure de cadmium rappelle celle, observée par S. Rothschild ([4]) dans le sulfure de zinc. Cependant, comme dans ce dernier ([5]), il s'agit probablement d'une influence indirecte. En modifiant notre mode de préparation, nous avons pu en effet obtenir des échantillons pour lesquels, pour une même concentration de cuivre, le rapport des intensités des deux bandes infrarouges varie fortement.



Nous poursuivons actuellement notre étude pour tenter de préciser la cause première du phénomène de passage d'une bande à l'autre.

Quoi qu'il en soit, la grande analogie de comportement des luminophores à base de sulfure de zinc ou à base de sulfure de cadmium semble encore plus poussée que nous ne l'avions indiqué ([1]) puisque, dans les uns comme dans les autres, le cuivre est susceptible de former deux sortes bien distinctes de centres luminogènes. L'analogie des centres eux-mêmes semble, ici encore, apparaître nettement par la détermination des énergies de liaison de chacun d'eux par rapport à la bande de valence. On trouve en effet :

— 0,91 eV pour les centres à émission bleue de SZn(Cu) et 0,92 eV pour ceux à émission de proche infrarouge (maximum 0,82 μ) de SCd(Cu) ;

([4]) *Transactions of the Faraday Soc.*, 42, 1946, p. 635.

([5]) E. Grillot, *J. Chim. Phys.*, 50, 1953, p. 515.

— 1,33 eV pour les centres à émission verte de SZn(Cu) et 1,21 eV pour ceux à émission infrarouge plus lointaine (maximum 1,02 μ) de SCd(Cu).

Ces deux sortes de centres luminogènes produits par le cuivre semblent d'ailleurs exister encore, d'une part dans les sulfures mixtes de cadmium et de mercure activés au cuivre et d'autre part dans le séléniure de cadmium activé au cuivre. Les courbes d'émission de ces luminophores infrarouges publiées récemment ([2]) manifestent en effet toutes, à côté du maximum principal, un maximum secondaire de plus courte longueur d'onde, mieux observable d'ailleurs à basse température où les transferts d'énergie d'un centre à l'autre sont moins importants.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur deux systèmes binaires du tétradécane.* Note (*) de MM. **Alfred Maillard** et **Robert Salzgeber**, présentée par M. Louis Hackspill.

Il a été montré que le système binaire tétradécane-pentadécane est du type solution solide et que le système tétradécane-benzène est du type eutectique. Une étude réfractométrique de ces mêmes mélanges binaires a été faite.

Dans la série homologue des alcanes normaux, on s'est jusqu'à présent surtout attaché à l'étude de systèmes binaires solides à la température ambiante, donc à nombre d'atomes de carbone supérieur à seize.

Le travail faisant l'objet de cette Note se rapporte à l'étude de quelques systèmes liquides à la température ambiante, tel en particulier le système tétradécane-pentadécane.

Comme nous nous attachons par ailleurs à l'étude du comportement de cette même série homologue avec d'autres hydrocarbures non aliphatiques, nous avons été conduits à étudier aussi le système benzène-tétradécane.

Enfin, vu le manque de données relatives aux variations de l'indice de réfraction avec la composition des mélanges, nous avons effectué en même temps une étude réfractrométrique à température constante de ces mêmes produits.

L'étude entreprise a été faite sur des hydrocarbures soigneusement purifiés et grâce à un dispositif d'analyse thermique semblable à celui utilisé par W. M. Smit ([1]) auquel nous avons apporté les légères modifications nécessaires à l'extension aux températures inférieures à 10° C.

A. *Système tétradécane-pentadécane.* — Nous avons préparé le tétradécane par synthèse de Wurtz ([2]) à partir de bromure d'heptyle soigneusement frac-

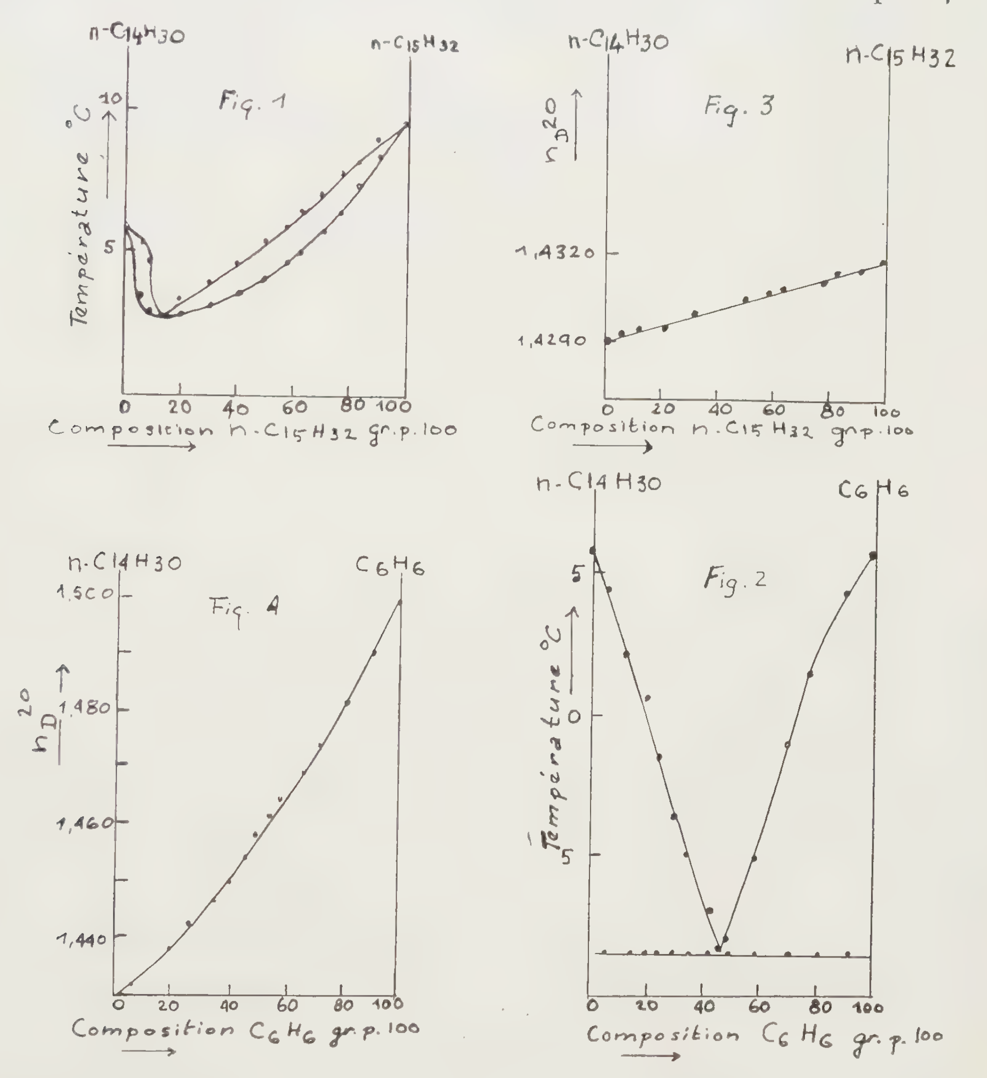
---

(*) Séance du 26 juillet 1954.

([1]) *Thèse* « Vrije Universiteit », Amsterdam.

([2]) A. I. Vogel, *J. Chem. Soc.*, 1946, p. 133.

tionné. Pour la purification le tétradécane ainsi obtenu a été soumis à des lavages répétés à l'acide sulfurique concentré et froid (30 à 40 lavages) jusqu'à obtention d'une couche acide incolore. Après lavage à l'eau et au carbonate de sodium, le produit séché et rectifié dans une colonne à douze plateaux théoriques présentait encore une courbe de fusion correspondant à un corps impur.



Nous avons cependant obtenu un produit de pureté suffisante (99,7 % minimum) par cristallisations et fusions fractionnées.

Le pentadécane a été obtenu par « hydrogénolyse » de l'alcool hexadécylique ([3]). La purification de ce produit a été effectuée comme pour le tétradécane.

Les résultats des mesures qui sont représentés par la figure 1 montrent

([3]) ADKINS et WOJCIK, *J. Amer. Chem. Soc.*, 55, 1933, p. 1293.

qu'on a affaire à un système binaire du type solution solide, avec un minimum se situant aux environs de 12 % de pentadécane, et à une température d'environ 3° C.

B. *Système tétradécane-benzène.* — Le benzène utilisé dans cette étude est un benzène « Prolabo R. P. » purifié par distillations et recristallisations et fusions fractionnées. La pureté de ce produit est du même ordre que celle des autres hydrocarbures utilisés (99,7 % minimum). Les résultats des mesures qui sont représentés par la figure 2 montrent qu'on a affaire à un système binaire du type eutectique. Ce dernier fond à environ (— 8°,4) et correspond à une composition de 47,7 % de benzène.

C. *Étude réfractométrique.* — Parallèlement à l'analyse thermique, nous avons effectué la détermination des indices de réfraction à la température de 20° ± 0,05. Les résultats de ces mesures, effectuées avec un réfractomètre Abbe, sont représentés par les figures 3 et 4.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Possibilités du dosage de l'oxygène par réaction* (γ, n) *à l'aide d'un bétatron.* Note (*) de MM. **Robert Basile**, **Jacques Huré**, **Pierre Lévèque** et **Claude Schuhl**, présentée par M. Francis Perrin.

Les réactions (γ, n) permettent de doser rapidement l'oxygène dans les produits organiques et dans divers produits inorganiques sans détruire l'échantillon, et avec une sensibilité de quelques millièmes. La méthode peut être étendue à l'azote et au carbone.

Le problème du dosage direct de l'oxygène se pose spécialement pour les corps organiques et pour les métaux. Pour les corps organiques on procède habituellement par différence. Dans le cas des métaux, il est important de pouvoir détecter de faibles quantités d'oxydes, celles-ci modifiant leurs propriétés mécaniques; le dosage chimique nécessite des opérations longues et délicates.

Les méthodes d'analyse par activation sont souvent intéressantes par leur rapidité et par la non-destruction de l'échantillon. Sue (1) a suggéré l'activation résultant du bombardement de l'oxygène par des deutérons : $^{17}O(d, n)$ ^{18}F (période 112 mn; β^+ d'énergie 0,65 MeV). Cette méthode ne permet qu'une analyse superficielle à cause du faible parcours des deutérons dans la matière.

Nous décrirons l'activation par des rayons X de grande énergie par la réaction $^{16}O(\gamma, n)^{15}O$ (période 118 s; β^+ d'énergie 1,68 MeV). Les rayons X doivent avoir une énergie supérieure à 15,6 MeV, seuil de la réaction. La grande pénétration de tels rayons X et le parcours important des β^+ de 1,68 MeV

(*) Séance du 5 juillet 1954.

(1) *Comptes rendus*, **237**, 1953, p. 1696.

(0,75 g/cm² soit 2,8 mm dans Al) permettent d'obtenir une analyse plus profonde.

Nous avons utilisé le bétatron du Commissariat à l'Énergie atomique, bétatron Allis-Chalmers, situé à l'Institut G. Roussy de Villejuif, dont le rayonnement X a une énergie maximum allant jusqu'à 24 MeV.

A 1 m de l'origine du faisceau, la dose reçue est d'environ 100 « rœntgen Victoreen » par minute ([2]) pour une énergie maximum de 22 MeV. Elle tombe à 10 r/mn pour 10 MeV.

Le tableau I résume les principales caractéristiques des réactions photonucléaires pouvant avoir lieu sur le carbone, l'azote et l'oxygène ainsi que les radioéléments obtenus. Les réactions (γ, n) sur les autres isotopes ainsi que les réactions (γ, p) possibles aboutissent, soit à des noyaux stables, soit à des noyaux radioactifs mais de périodes non gênantes, c'est-à-dire soit très longues, soit très courtes.

TABLEAU I.

Cible.	Radio-élément produit.	Période (mn).	Nature et énergie du rayonnement (MeV).	Seuil énergétique de la réaction (MeV).
^{12}C..............	^{11}C	20	β^+ 0,98	18,77
^{14}N..............	^{13}N	10	β^+ 1,25	10,55
^{16}O..............	^{15}O	2,1	β^+ 1,7	15,50

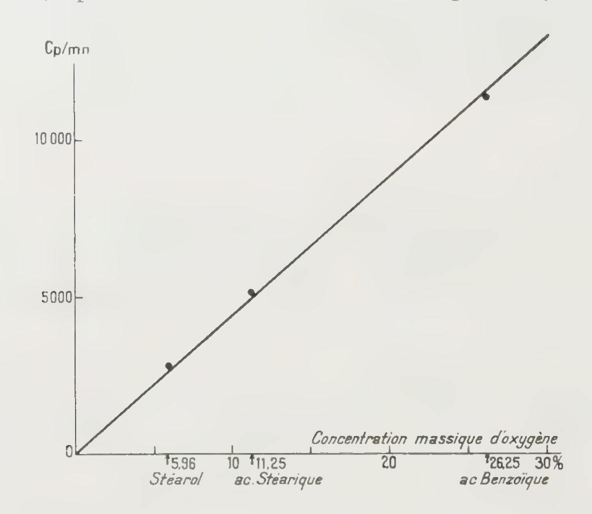
Les irradiations dont nous rendons compte ont été faites à 20 cm de l'origine du faisceau pour les corps organiques et à 40 cm pour les métaux, ces derniers perturbant le champ magnétique de l'électroaimant. Elles durent 4 mn et s'effectuent à intensité maximum. L'énergie maximum du faisceau est 18,6 MeV pour les corps organiques afin d'éviter l'activation du carbone et de 22 MeV pour les métaux. Chaque échantillon est irradié en même temps qu'une lamelle de quartz qui sert de moniteur.

Étalonnage du dispositif pour l'oxygène dans les corps organiques. — Nous utilisons, pour étalonner notre dispositif, des échantillons de corps organiques de composition chimique bien déterminée : le stéarol (5,96 % d'oxygène), l'acide stéarique (11,25 % d'oxygène) et l'acide benzoïque (26,25 % d'oxygène). Les échantillons sont préparés, par moulage sous pression, sous forme de disques de diamètre $\Phi = 25$ mm et d'épaisseur $e = 2$ à 3 mm. Leur masse est toujours voisine de 2,5 g ce qui donne des corrections d'autoabsorption et de géométrie peu variables d'un échantillon à l'autre. La figure 1 représente l'activité en coups par minute à la fin de l'irradiation, rapportée à une masse de 2,5 g, en fonction de la concentration massique d'oxygène. Dans les condi-

([2]) Pour plus de détails sur le sens de cette unité, *cf.* L. KATZ et A. G. W. CAMERON, *Can. J. Phys.*, **29**, 1951, p. 518.

tions expérimentales utilisées et en effectuant nos comptages avec des compteurs cloches, il est possible d'identifier la période de l'oxygène avec un comptage initial de 100 cps/mn ce qui représente une sensibilité de 0,2 à 0,3 %.

Cas des métaux. — Le dosage n'est possible dans ce cas que si les réactions nucléaires sur le métal étudié ne créent que des corps radioactifs de périodes supérieures à plusieurs heures ou inférieures à 10 s. Des essais ont été effectués avec BeO et Al_2O_3. Pour pouvoir négliger les corrections de géométrie et d'autoabsorption, il faut comparer l'échantillon à étudier avec un étalon de mêmes dimensions. Ainsi, dans le cas de l'aluminium, notre étalon était un mélange $Al + Al_2O_3$ à 9 % d'alumine (soit 4,2 % d'oxygène), de dimensions : diamètre $\Phi = 25$ mm, épaisseur $e = 3$ mm. Nous comptions 7 800 cps/mn à la fin



de l'irradiation. Si l'on admet qu'il est nécessaire d'obtenir un taux de comptage de 150 cps/mn pour pouvoir éliminer la période de 6,5 s de $^{26}_{13}Al$ il apparaît que la sensibilité de détection de l'oxygène dans l'aluminium est d'environ 0,1 %.

Conclusions. — Les quelques résultats obtenus nous permettent de conclure que le dosage de l'oxygène dans la masse d'un échantillon est possible par réaction (γ, n). Il nous paraît qu'il serait également possible de doser l'azote et le carbone dans les corps organiques. La sensibilité de la méthode peut être augmentée en utilisant une surface de comptage plus grande.

CHIMIE MINÉRALE. — *Préparation du pentabromure d'uranium.* Note (*) de M. **Jacques Prigent**, présentée par M. Louis Hackspill.

L'action du tétrabromure de carbone sur l'oxyde d'uranium (VI) en tube scellé conduit dans certaines conditions à la préparation du pentabromure d'uranium. Le bromure de carbonyle réagit dans les mêmes conditions et donne également le penta-

(*) Séance du 26 juillet 1954.

bromure d'uranium, composé peu stable, qui perd du brome par chauffage et donne naissance au tétrabromure d'uranium.

Dans une Note précédente (¹), nous mettions en évidence la formation de pentabromure d'uranium UBr_5, mélangé à de l'oxybromure $UOBr_3$. Dans le but de préparer le pentabromure à l'état pur nous avons fait une étude systématique de l'action du tétrabromure de carbone liquide sur l'oxyde d'uranium UO_3 en tube scellé. Dans une série d'expériences, nous avons fait varier : la température, la durée de la réaction, les proportions relatives de tétrabromure et d'oxyde, le volume du tube scellé. Nous avons obtenu un produit solide pour lequel l'uranium présente toujours un degré d'oxydation égal à 5; par contre le rapport brome-uranium dépend essentiellement des conditions expérimentales; il est généralement inférieur à 5, mais on s'en approche au maximum en opérant de la façon suivante : température : 126° C; durée de chauffe : 2 h; proportions : 3 CBr_4 pour 1 UO_3, en partant de tétrabromure, séché sous vide en présence d'anhydride phosphorique, et d'oxyde finement pulvérisé et déshydraté sous vide à 400° C; enfin le volume intérieur du tube scellé doit être minimum. On utilise un tube à essai en verre pyrex de 3 mm d'épaisseur et de 5 mm de diamètre intérieur, dans lequel on place les deux réactifs à l'état solide. On fait fondre le tétrabromure de carbone, puis on refroidit le mélange à 0° C, et on scelle le tube dans le plus petit volume possible. Le tube entouré d'une gaine étanche en acier, est chauffé à température constante dans un four électrique. La réaction terminée, la gaine est refroidie dans l'eau glacée. Le tube scellé est ensuite plongé dans de l'air liquide et ouvert au chalumeau gaz-oxygène avec les précautions habituelles.

On projette les produits obtenus sur la plaque en verre fritté d'un tube à filtration où l'on maintient un courant d'azote sec. Le tétrabromure de carbone en excès est éliminé au moyen de sulfure de carbone; l'excès de ce solvant est enfin évaporé sous vide.

Un poids déterminé du solide microcristallin brun noir, hygroscopique, ainsi obtenu est dissous dans l'eau où il est totalement soluble. Dans cette solution on dose pondéralement le brome et l'uranium et volumétriquement l'uranium au moyen des sels ferriques titrés, comme il a été fait pour l'oxybromure d'uranium pentavalent (²). On trouve ainsi : un rapport stœchiométrique brome-uranium égal à 4,93 ($\pm$ 0,03) pour un degré d'oxydation égal à 5 (à $\pm$ 1 % près).

La somme des poids d'uranium et de brome trouvés par l'analyse donne le poids du composé de départ à 1 % près, par défaut. L'analyse quali-

(¹) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 104.
(²) J. Prigent, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 710.

tative n'a révélé dans le solide ni oxygène (provenant d'un peu d'oxybromure d'uranium), ni oxyde de carbone (provenant de bromure de carbonyle).

L'action du tétrabromure de carbone sur l'oxyde d'uranium UO_3 en tube scellé conduit donc au pentabromure d'uranium; nous avons vu qu'en opérant sous courant d'azote à une pression de 1 atm, il se forme l'oxybromure d'uranium pentavalent [2]. Dans ce dernier cas le bromure de carbonyle qui prend naissance au cours de la réaction distille ou se décompose partiellement, et échappe au milieu réactionnel. En tube scellé, au contraire, le bromure de carbonyle reste à l'état liquide au contact des produits de la réaction. Nous croyons que ce composé est, après le tétrabromure de carbone, le deuxième agent bromurant réducteur qui convertit l'oxybromure d'uranium (V) en pentabromure d'uranium. Nous avons pu montrer en effet que le bromure de carbonyle transforme directement l'oxyde d'uranium UO_3 en pentabromure d'uranium : on distille du bromure de carbonyle, préparé par la méthode de von Bartal [3] dans un tube contenant l'oxyde UO_3, refroidi par l'air liquide. Le tube est ensuite scellé et traité comme dans les expériences précédentes. On obtient encore du pentabromure d'uranium.

L'action du bromure de carbonyle liquide sur l'oxyde UO_3 en tube scellé constitue donc une deuxième méthode de préparation du pentabromure d'uranium; elle ne présente guère d'avantage sur la première, mais elle se fait à des températures encore plus basses. Par contre, la préparation du bromure de carbonyle est délicate; ce produit est toxique et sensible à l'humidité. Il semble que le bromure de carbonyle constitue un agent de bromuration encore plus énergique que ceux que nous avons étudiés [4].

Le bromure d'uranium (V) est assez peu stable à l'air et à une élévation de température : un poids déterminé de ce composé placé dans un tube Pyrex, traité à température croissante dans un courant d'azote pur et sec, se décompose à partir de 95° C de manière appréciable; à 200° C la décomposition est totale; le brome libéré est retenu par de la potasse solide; on constate qu'une molécule UBr_5 perd 1 atome de brome. Il reste du tétrabromure d'uranium qui peut effectivement être distillé à 600° C puis soumis à l'analyse; le tube Pyrex ne contient aucun résidu. Cette décomposition constitue une confirmation de la formule attribuée au composé à savoir : UBr_5. Ce bromure n'avait pu encore être préparé, à notre connaissance, malgré les essais de certains chercheurs [5].

---

(3) VON BARTAL, *Liebig's Ann.*, 345, 1906, p. 334.
(4) R. ROHMER et J. PRIGENT, *Bull. Soc. Chim.*, 16, 1949, p. 665.
(5) W. BILTZ et H. MULLER, *Z. anorg. Chem.*, 163, 1927, p. 295.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Quelques réactions du cyclopentyl-4 cyclohexène et de la cyclopentyl-4 cyclohexanone*. Note (*) de M. **Max Mousseron** et Mme **Magdeleine Mousseron-Canet**, transmise par M. Marcel Delépine.

Les cyclopentyl-4 cyclohexanols ainsi que les cyclopentyl-4 cyclohexylamines stéréoisomères ont été isolées; la désamination nitreuse de ces dernières a été étudiée et conduit à une réaction d'élimination et de substitution. La déshalogénation de la cyclopentyl-4 chloro-3 cyclohexanone donne un acide cyclopentanique; diverses réactions concernant le cyclopentyl-4 cyclohexène ont été envisagées.

La condensation du phénol et du cyclopentadiène en présence d'acide phosphorique ([1]) donne deux phénols substitués *o* et *p* séparables par distillation fractionnée : *o*-cyclopenténylphénol $É_{0,1}$ 90°, *p*-cyclopenténylphénol $É_{0,1}$ 100°.

L'hydrogénation du *p*-phénol sur Ni Raney à 200° sous 200 K conduit au cyclopentyl-4 cyclohexanol (I) *cis* et *trans* scindé en deux stéréoisomères sous forme de *p*-nitrobenzoates, l'un F 115° représentant 90 %, l'autre F 95°. Notons que les proportions des stéréoisomères sont sensiblement modifiées en sens inverse lors de l'hydrogénation sur platine Adams, sous pression normale, de la cyclopentyl-4 cyclohexanone (II).

La déshydratation de (I) par le bisulfate de potassium fournit le cyclopentyl-4 cyclohexène (IV) qui, oxydé par le permanganate de potassium, donne l'acide cyclopentyl-3 adipique.

L'action du N-bromo succinimide sur (IV) conduit en majeure partie au bromo-6 cyclopentyl-4 cyclohexène (V) à côté d'une petite quantité de bromo-3 cyclopentyl-4 cyclohexène. En effet, les dérivés bromés obtenus traités par l'acétate d'argent en milieu acétique ont donné un mélange de dérivés acétylés cycléniques qui par réduction suivie d'une saponification et d'une oxydation chromique conduisent à un mélange de cétones saturées, constitué presque en totalité par une cétone D.N.P. F 172° différente de (II) D.N.P. F 142° et différente de la cyclopentyl-2 cyclohexanone (VI) D.N.P. F 157°. La D.N.P. F 172° correspond donc à la cyclopentyl-3 cyclohexanone (III) accompagnée d'une petite quantité de (VI).

Par saponification du dérivé acétylé cyclénique et oxydation chromique du cyclénol obtenu, la cyclopentyl-3 cyclohexène-5 one (VII) D. N. P. rouge F 102° a été isolée. L'examen du spectre ultraviolet de ce dernier composé montre que l'on se trouve en présence d'une cétone éthylénique β substituée :

(*) Séance du 26 juillet 1954.

([1]) A. Bader, *J. Amer. Chem. Soc.*, 75, 1953, p. 5967.

λ_{max} 376 mμ, log ε 4,43 dans l'alcool et λ_{max} 382 mμ, log ε 4,43 dans le chloroforme ([2]).

(II) (III) (VI)

L'action de l'anhydride sélénieux sur (IV) en milieu toluénique donne un cyclénol, oxydé en cyclénone (VII).

(IV) → (VII)

L'action de l'acide performique sur (IV) permet d'isoler le diol *trans* correspondant F 100-101°, déshydraté par SO_4H_2 10 % en cyclopentyl-3 méthylalcyclopentane. D. N. P. F 175-176° et F 120-122°.

L'action du bromure de méthylmagnésium sur (II) donne le cyclopentyl-4 méthyl-1 cyclohexanol F 65° se déshydratant par le bisulfate de potassium en cyclopentyl-4 méthyl-1 cyclohexène, celui-ci traité par l'acide performique fournit un diol qui, par l'acide sulfurique donne la cyclopentyl-4 méthyl-1 cyclohexanone-2 D. N. P. F 148°.

La cyclopentyl-4 cyclohexanone se chlore en chloro-2 cyclopentyl-4 cyclohexanone qui traitée par le méthylate de sodium conduit avec régression de cycle à l'acide cyclopentyl-3 cyclopentane carboxylique, S-benzylthiouronium F 155°.

Traitée par le diazométhane, la cyclopentyl-4 cyclohexanone fournit avec un bon rendement la cyclopentyl-4 cycloheptanone, D. N. P. F 137-138°. Parallèlement la cyclohexyl-4 cyclohexanone D. N. P. F 137° donne dans les mêmes conditions la cyclohexyl-4 cycloheptanone.

Par amination catalytique de la cyclopentyl-4 cyclohexanone on parvient aux amines stéréoisomères séparées par l'intermédiaire de leurs dérivés benzoylés F 198-199 et 122-123°, le premier étant prépondérant (90 %); parallèlement la réduction des oximes sur Ni Raney conduit aux deux amines stéréoi-

([2]) R. Jacquier et G. Rouzier, *Bull. Soc. Chim. France*, (5), 1954, p. 716.

somères. Par diméthylation on sépare les picrates F 144 et 180° (prépondérant) des N-diméthylamino-4 cyclopentyl cyclohexanes. Il a été procédé à la désamination nitreuse des deux amino-4 cyclopentyl-1 cyclohexanes; on obtient ainsi 80 % d'alcool de substitution *p*-nitrobenzoate F 115° et 20 % de cyclopentyl-4 cyclohexène. Selon la théorie de Hassel ([3]) l'amino-4 cyclopentylcyclohexane *cis* devrait conduire à la *trans*-élimination avec formation de carbure; vraisemblablement le dérivé benzoylé F 198° correspond à l'amine *trans* et le *p*-nitrobenzoate F 115° au cyclopentyl-4 cyclohexanol *trans*.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Structure d'une nouvelle variété de ferrite de sodium* ($FeNaO_2$). Note ([*]) de MM. **Félix Bertaut** et **Pierre Blum**, présentée par M. Charles Mauguin.

Le ferrite de Na rhomboédrique $FeNaO_2$-α a la structure bien connue de $NaHF_2$ ([1]). Fe^{+++} et Na^{+} y ont des coordinations *octaédriques*. Dans cette Note nous décrivons une nouvelle variété ([2]) orthorhombique $FeNaO_2$-β dans laquelle Fe^{+++} et Na^{+} ont des coordinations *tétraédriques*.

Le produit sous forme d'aiguilles rougeâtres d'axe c a les paramètres $a = 5,672$, $b = 7,316$ et $c = 5,377$ Å. La densité calculée pour quatre unités $FeNaO_2$ dans la maille est $D = 3,36$. L'expansion de volume ($V_{mol}\,\alpha = 42,2$ Å^3; $V_{mol}\,\beta = 54,4$ Å^3) est considérable (29 %). Les extinctions —($0kl$) n'existe qu'avec $k + l = 2n$, ($h0l$) n'existe qu'avec $h = 2n$ — caractérisent les groupes D_{2h}^{16}-P*nam* et C_{2v}^{9}-P*na*. En projection suivant c, les deux groupes se comportent de la même manière. Pour construire cette projection (centrosymétrique), nous avons utilisé trois méthodes : 1° la technique de la fonction de Patterson « symétrisée » ([3]); 2° la détermination des signes des facteurs de structure par les inégalités de Harker et Kasper ([4]) et 3° par la technique de l'atome lourd. Le résultat a été exactement le même : on ne trouve que deux pics dans l'unité asymétrique (*fig.* 1). Cela signifie que les atomes d'oxygène sont sensiblement superposés aux atomes métalliques. Les positions de tous les atomes ont alors obligatoirement la multiplicité 4.

Comme dans les séries de réflexions (hkl) à h et k fixes et l variable on cons-

---

([3]) Hassel et Ottar, *Acta Chem. Scand.*, 1947, p. 1929.

([*]) Séance du 26 juillet 1954.

([1]) S. Goldsztaub, *Bull. Soc. Fr. Min.*, 58, 1935, p. 6 à 76 et *Struktuber*, III, 1933-1935, p. 392.

([2]) Elle a été découverte par M. le Professeur M. Dodero et M. Déportes qui nous ont confié l'étude de la structure.

([3]) F. Bertaut, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1320. et *Bull. Soc. Fr. Min.*, 75, 1952, p. 401.

([4]) *Acta Crystallographica*, 1, 1948, p. 70.

tate de nombreuses extinctions non systématiques, la position des atomes doit dépendre d'un paramètre *z*. Cela élimine le groupe D_{2h}-P*nam*. Guidés par des

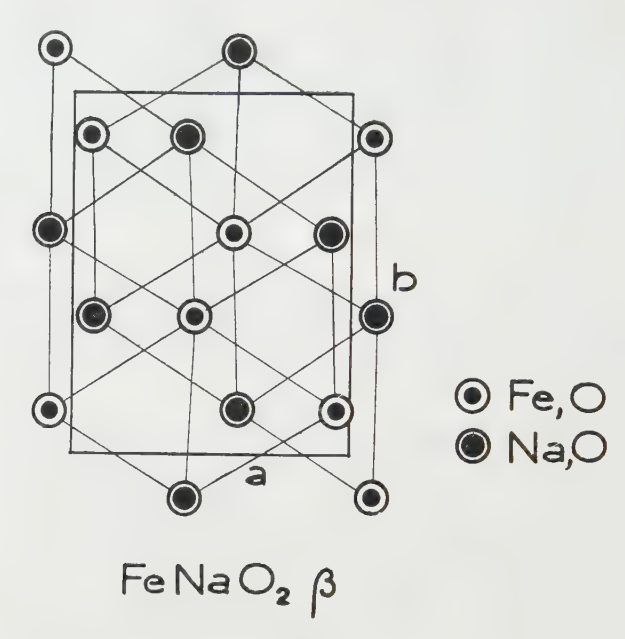


Fig. 1.

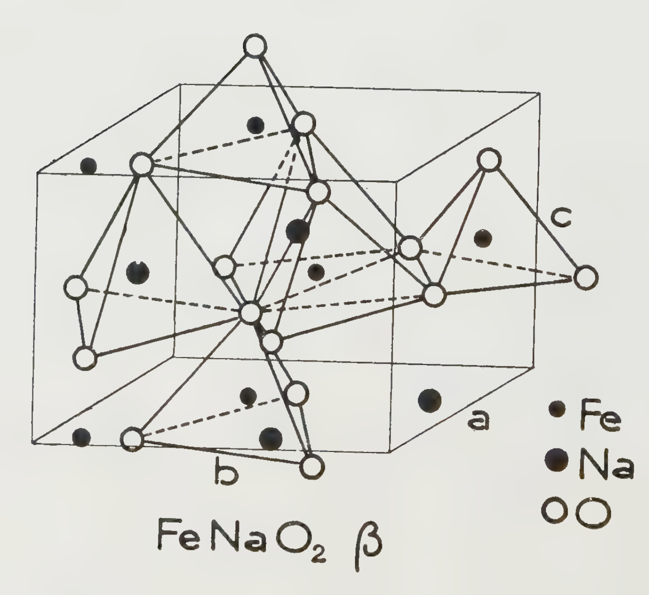


Fig. 2.

considérations stériques et la présence de nombreuses extinctions non systématiques, nous avons abouti grâce à la méthode d'erreur et essai à un premier ensemble de coordonnées, déjà en bon accord avec les intensités observées.

Toutes les positions sont en $4a$) C_{2v}^9-Pna, Fe en ($x = 0,075$; $y = 0,128$; $z = 0,0$) Na en (0,40; 0,135; 0,5), O_I en (0,05; 0,10; 0,33) et O_{II} en (0,38; 0, 125; -0,10).

Dans la structure, les atomes d'oxygène forment un paquetage hexagonal perturbé. Les tétraèdres où logent les ions de Fe et Na n'ont que des sommets, mais pas d'arêtes en commun. C'est ici que réside l'explication de la considérable expansion en volume, car dans la variété α les polyèdres de coordination ont des arêtes communes. Chaque atome d'oxygène a deux voisins de Fe et deux de Na de sorte que la règle de Pauling est bien vérifiée.

La stabilité de la phase β sera étudiée ultérieurement.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Contribution à l'étude radiocristallographique des transformations allotropiques induites par la pression.* Note (*) de MM. **Louis Guengant** et **Boris Vodar**, présentée par M. Gaston Dupouy.

Une étude radiocristallographique sous pression est le moyen le plus sûr pour déterminer la structure des phases ayant subi une transformation réversible.

R. B. Jacobs [1] a été le premier à publier des diagrammes de poudre sous des pressions de 5 000 atm; il utilisait une chambre placée dans un récipient en acier rempli d'hélium; cette excellente méthode exige un matériel important. Aussi a-t-on cherché à comprimer seulement la poudre sans mettre toute la chambre sous pression. La première tentative, due à W. M. Cohn [2] ne semble pas avoir donné de résultats. L. K. Frevel [3] a utilisé un tube capillaire en silice. A. Muller [4] a mesuré des compressibilités de paraffines jusqu'à 1 500 atm et même au delà, grâce à des réservoirs capillaires obtenus par cuisson de bakélite chargée en poudre de béryllium. A. W. Lawson et N. A. Riley [5] ont repris la même méthode mais avec un réservoir en béryllium métallique massif; ayant choisi du béryllium fondu à gros grains afin de réduire le nombre des taches dues au récipient, ils ont obtenu des diagrammes jusqu'à 15 000 atm mais il semble, d'après les documents publiés, que la diffraction par le récipient était encore fort gênante. A. W. Lawson et T. Y. Tin Yuan Tang [6] ont ensuite employé des réservoirs en béryllium monocristallin qu'ils paraissent

---

(*) Séance du 26 juillet 1954.

(1) *Phys. Rev.*, 54, 1938, p. 325.

(2) *Phys. Rev.*, 44, 1933, p. 326.

(3) *Rev. Sc. Instr.*, 6, 1935, p. 214.

(4) *Proc. Roy. Soc.*, **178**, 1941, p. 227.

(5) *Rev. Sc. Instr.*, **20**, 1949, p. 763.

(6) *Rev. Sc. Instr.*, **21**, 1950, p. 815.

avoir abandonnés au profit d'un assemblage de deux diamants mais sans avoir, à notre connaissance, publié les diagrammes obtenus.

Dans nos travaux, pour des raisons de simplicité mécanique, nous nous sommes fixé, comme premier but, la seconde méthode, celle où seule la poudre est sous pression. Nos essais ont été aussi commencés avec des cylindres en béryllium polycristallin qui nous ont donné des taches très gênantes. Toutefois, pensant que l'emploi du béryllium présente quand même certains avantages dont celui d'une grande transparence, nous nous sommes procuré des monocristaux de béryllium ([7]) qui ont permis d'obtenir, à des pressions moyennes, des diagrammes très satisfaisants.

Les cristaux de béryllium sont percés mécaniquement suivant l'axe sénaire; si le perçage est contenu dans le plan de clivage, le cristal éclate



KNO_3 à la pression atmosphérique. AgI à la pression atmosphérique.

KNO_3 à 4000 kg/cm². AgI à 4000 kg/cm².

Exemples de transformations.

à la première montée en pression. Le diamètre du perçage est de 0,8 mm, sauf au niveau de la poudre où il est de 0,3 mm. La poudre est comprimée entre deux pistons opposés, poussés chacun par un système à vis et ressort, comprenant deux comparateurs pour la mesure du déplacement du piston et de la compression du ressort. Cette compression permet de connaître, après étalonnage, la poussée sur chaque piston, et par conséquent, la pression entre les pistons, aux frottements près. L'intérêt du montage à deux pistons est de diminuer l'importance de ces frottements et de permettre d'estimer leur ordre de grandeur. Cependant, nous avons trouvé indispensable, de réduire davantage ces frottements en utilisant un bon lubrifiant comme diluant de la poudre à étudier. Le stéarate de zinc a donné de bons résultats à condition que la teneur en soit assez forte, car il semble nécessaire que ses grains forment un réseau continu susceptible de transmettre la pression en se déformant. La pression est limitée par la

([7]) Fournis par le M. I. T. grâce au Dr A. R. Kaufmann.

résistance mécanique du beryllium. Nous avons atteint 10 000 atm mais le gonflement a été nettement observable. Cependant, on peut espérer que ce gonflement agit comme un autofrettage. On constate aussi l'élargissement et la multiplication des taches de diffraction. Nous avons surtout utilisé le rayonnement du molybdène, celui du cuivre donnant dans notre cas un contraste insuffisant.

Avec cet appareil, nous avons observé les transformations de AgI et de RbI, déjà étudiées par Jacobs (1), ainsi que le passage vers 3 700 kg/cm² de la forme II à la forme IV de KNO_3; dans ce cas, le diagramme de poudre n'est pas suffisant pour déterminer la structure de cette forme transformée. Des recherches sur d'autres transformations et sur les compressibilités des réseaux sont en cours.

GÉOLOGIE. — *Répartition stratigraphique des gisements de Vertébrés dans le Crétacé du Niger.* Note (*) de MM. **Jacques Greigert**, **François Joulia** et **Albert-F. de Lapparent**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Au Sud et au Sud-Ouest du massif de l'Aïr se développe largement une série crétacée, tantôt continentale, tantôt marine. Déjà des Vertébrés y avaient été récoltés en quelques localités par les premiers explorateurs. Des recherches plus minutieuses poursuivies par les géologues de la Direction fédérale des Mines et de la Géologie, puis une mission d'ensemble effectuée récemment, permettent d'indiquer de nouveaux points fossilifères importants et d'établir avec plus d'exactitude la position stratigraphique des gisements.

Continental intercalaire. — Un premier grand ensemble continental, correspondant au Crétacé inférieur et moyen, repose en discordance sur les séries précambriennes et paléozoïques de l'Aïr. Or nous pouvons avancer désormais une stratigraphie de ces couches argilo-gréseuses si difficiles à classer.

1° A la base, les « grès d'Agadès », le plus souvent arkosiques, parfois conglomératiques, contiennent des bois silicifiés du type *Dadoxylon*, mais n'ont pas livré jusqu'ici d'autres fossiles.

2° Au-dessus, les « argiles de l'Irazer » ont fourni en plusieurs points des Invertébrés d'eau douce, *Estheria* et *Unio*. En outre, des ossements de grands Sauropodes et des dents de *Ceratodus* s'y rencontrent, tantôt dans les argiles (important gisement d'In Gall), tantôt dans des lentilles gréseuses, comme à Ifayen Ignère, au Mont Gada et au kilomètre 35 sur la piste au sud d'Agadès.

(*) Séance du 26 juillet 1954.

3° Dans la falaise qui se développe en arc de cercle sur 250 km, au Sud d'Agadès, nous avons reconnu quatre points richement fossilifères : Marandet, Tiguidi, Ebrechko, Soureya; sans compter les fragments d'os répartis un peu partout aux mêmes niveaux, c'est-à-dire, soit au sommet des « argiles de l'Irazer », soit à la base des « grès du Tégama ». On y récolte : de gros os de Sauropodes, des dents de Sauropodes (les premières signalées dans le Sahara), des dents de Théropodes, des dents et des plaques de Crocodiles, des dents de *Ceratodus*, des restes de Poissons divers. Les troncs d'arbres silicifiés sont ordinairement abondants. Les riches gisements d'In Abangarit ([1]) paraissent situés à un niveau équivalent.

4° La partie la plus élevée des « grès de Tégama » ne contient que des bois fossiles au Sud-Est et au Sud d'Agadès. Mais plus à l'Ouest, elle renferme des ossements de Sauropodes et de Théropodes, spécialement abondants au Mont Iguellala. En ce point, des *Unio* en grand nombre sont associés aux Dinosauriens.

Turonien. — Au Damergou, les Vertébrés recueillis antérieurement paraissaient indiquer, les uns du Cénomanien, les autres du Sénonien ([2]). En réalité, d'après nos propres récoltes, tous les Vertébrés du Damergou proviennent des mêmes couches à Ammonites turoniennes; en particulier, dans le meilleur gisement, situé à 4 km au Sud de Tanout, *Ceratodus africanus*, *C. humei*, *Cœlodus plethodon*, *Enchodus lamberti*, *Onchosaurus pharao* se trouvent ensemble. On doit donc dire que tous les Vertébrés du Damergou signalés jusqu'ici appartiennent au Turonien.

D'autre part, le Turonien marin existe encore beaucoup plus à l'Est, aux Monts Maya et Iguellala. Des dentitions de *Cœlodus plethodon* s'y rencontrent fréquemment dans deux niveaux de marnes encadrés par des calcaires à Ammonites turoniennes.

Sénonien. — Un riche gisement de Vertébrés nous a été signalé par M. Roure au Mont Igdaman près Kao, soit à 80 km au Nord de Tahoua. Un banc à nodules phosphatés, de 80 cm d'épaisseur, est formé presque exclusivement de vertèbres et de dents de Poissons et de Crocodiles. Cette couche, liée à des marnes gypseuses à *Rouaireia*, est datée comme maestrichtienne. Dans ces marnes, on trouve d'ailleurs, à plusieurs niveaux, des plaques de grande Tortue. Fait plus intéressant, au-dessous de la couche à vertèbres et dents, il y a de gros os assez frustes d'un Dinosaurien sauropode et aussi des vertèbres qui paraissent indiquer le genre *Titanosaurus*.

Ajoutons qu'à Termeurth, 75 km au Nord-Ouest du Mont Igdaman, l'un de nous (J. G.) a trouvé dans les mêmes niveaux maestrichtiens un métacarpien de grand Sauropode et une portion de tibia de Théropode.

([1]) A.-F. de Lapparent, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1905.

([2]) C. Arambourg, *Bull. Dir. Mines A. O. F.*, 1943, p. 65-67.

Cette localité constitue un relais entre le Mont Igdaman et le gisement à Poissons et Crocodiles de Mentess.

C'est la première fois que des ossements de Dinosauriens sont signalés dans le Sénonien supérieur sur le continent africain.

Conclusion. — On voit désormais qu'après le Soudan (3), le Niger à son tour se révèle également riche en gisements de Vertébrés, répartis dans plusieurs niveaux bien précisés du Crétacé.

GÉOLOGIE. — *Sur la géologie de l'Anahef (Ahaggar oriental).* Note (*) de M. **Jacques Blaise**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Dans l'Ahaggar oriental, M. Lelubre (1) a donné des indications sur les formations antécambriennes. Lors d'une première mission effectuée dans l'Anahef d'abord sous sa direction, puis seul au cours d'une mission du Service de la Carte Géologique d'Algérie et du Bureau de Recherches Minières d'Algérie, j'ai pu apporter des précisions sur la structure et la nature des formations suggariennes et pharusiennes de cette région. Le secteur que j'ai parcouru est situé entre le 6°30′ et le 8° de longitude Est et entre le 22°50′ et le 24°30′ de latitude Nord (2).

Les grandes unités structurales de l'Anahef s'ordonnent en bandes Nord-Sud. Les terrains de l'Anahef occidental se rattachent au bloc suggarien de l'Ahaggar central. Un étroit bassin pharusien Nord-Sud suit la basse vallée de l'oued In Ouahouène et la haute vallée de l'oued Amandarh-Takalous dans la région du Serkout et de Tin Tarabine. Un autre bassin pharusien plus important s'étend dans l'Anahef central. Je n'ai pu encore établir si ces deux bassins sont indépendants ou convergent au Sud-Est de Tin Tarabine; ou bien si le premier est un diverticule de celui de l'Arefsa oriental étudié par M. Lelubre (1). Il n'a pas été jusqu'à présent observé de discordance typique entre les deux séries antécambriennes analysées. Cependant, la disposition structurale d'ensemble et les analogies lithologiques justifient l'attribution de ces séries au Suggarien et au Pharusien.

Nous allons étudier d'Ouest en Est ces ensembles structuraux.

1. *Les formations suggariennes de l'Anahef occidental.* — Ce sont des gneiss très migmatisés et présentant le plus souvent le faciès d'injection lit par lit ou œillée. Des granites migmatiques les traversent. On trouve en particulier un granite concordant au

(3) R. Lavocat et H. Radier, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1100; R. Karpoff, R. Lavocat et S. Rouaix, *C. R. somm. Soc. géol. France*, 1954, n° 2, p. 11.

(*) Séance du 26 juillet 1954.

(1) *Bull. Serv. Carte Géol. Algérie*, 1952, 2e série, n° 22; et *XIXe Congrès Géol. Intern. Monogr. Rég.*, 1952, 1e série, n° 6.

(2) Croquis Afrique française 1/1 000 000e : feuilles Ft-Charlet et In Azaoua.

cœur d'une large zone anticlinale dans le cours supérieur de l'oued An Emerherou. D'autres granites migmatiques forment des bandes subméridiennes entre les deux bassins pharusiens de l'Anahef. Ils sont recoupés par de petits massifs de granite intrusif probablement pharusiens.

La tectonique de ces formations consiste en plis assez réguliers avec de larges structures synclinales et anticlinales.

Des phénomènes d'âge pharusien ont intéressé ce Suggarien principalement dans la région du Serkout : des granites récents le traversent; des accidents cassants s'y traduisent par des zones mylonitiques orientées Nord-Sud; enfin de nombreux filons de quartz, microgranites et microdiorites le recoupent.

2. *Le bassin pharusien de l'Anahef occidental.* — Il est constitué de micaschistes, phyllades, quartzites abondants, avec quelques gros bancs de cipolins. Une migmatisation liée à d'importantes venues granitiques affecte ces formations et cache les limites du bassin. Là où j'ai vu ces dernières, les gneiss suggariens sont en contact avec les micaschistes ou phyllades pharusiens par des zones écrasées souvent traversées de filons de quartz.

Des granites affleurent largement dans ce Pharusien et débordent dans les formations suggariennes. Le type le plus ancien paraît être un granite en massifs elliptiques allongés dans le sens des structures et alignés en direction Nord-Sud; ces massifs ont un cœur à faciès homogène porphyroïde entouré d'une zone hétérogène passant sans contours nets à des migmatites. D'autres granites forment des massifs en lentilles allongées Nord-Sud, mais leurs contacts sont francs. Le granite d'Aguendis a des bords nets et s'allonge dans le sens d'un grand accident NNW-SSE; il contient de larges zones enclavées du granite migmatique, sans doute suggarien, que l'on retrouve sur son flanc Est. Enfin le granite alcalin du Serkout se rapporte au type « taourirt » (1); il est le plus récent des granites pharusiens.

Le style tectonique est isoclinal et très serré. Les couches sont le plus souvent orientées Nord-Sud et redressées à la verticale.

3. *Le bassin pharusien de l'Anahef central.* — Il est très étroit au niveau de Serouenout. Il s'élargit plus au Sud dans les vallées de l'oued Takalous et de ses affluents les oueds Teguiet, Ahaggar et Temasint. Au Nord de Serouenout, P. Bordet a montré qu'il s'élargissait également.

Des séries volcaniques jalonnent le bord oriental du bassin, observé entre les oueds Adjou au Nord et Oboden au Sud. Elles sont traversées par un granite porphyroïde pharusien qui s'allonge dans le même sens qu'elles et s'étend largement dans le Suggarien de l'Anahef oriental. Au contraire le bord oriental, dans la région des oueds Ti-n-Azeguelalah et Tiguelestemine, est difficile à reconnaître par suite de la migmatisation et de la granitisation qui affectent cette partie du bassin et paraît fragmenté en éléments assez épars.

Ces formations ressemblent à celles du Pharusien de l'Anahef occidental. Pourtant la partie occidentale du bassin montre un métamorphisme plus poussé avec surtout des micaschistes à muscovite et grenat.

Le style isoclinal serré est le plus fréquent. Cependant il existe quelques structures synclinales et anticlinales élargies.

4. *Le socle suggarien de l'Anahef oriental.* — Ce que j'en ai vu est très métamorphique, largement migmatisé et injecté de granites dont l'âge reste à fixer. Un niveau de quartzites verts constitue entre autres l'élément majeur de la chaîne de l'Adrar Ikoahouène.

En résumé, les caractères géologiques de l'Ahaggar oriental rappellent ceux que M. Lelubre a mis en évidence dans l'Ahaggar occidental et central. Cependant la disposition du Pharusien en grands fossés réguliers bien découpés dans le socle suggarien ne se retrouve pas dans l'Ahaggar oriental, alors qu'elle

est nette plus à l'Ouest. Des séries d'accidents hachent les bassins et leurs bords sont tronçonnés en éléments disjoints; parfois même ils se réduisent à des paquets de schistes pharusiens isolés au milieu du Suggarien. Les caractères de leurs bordures ne donnent que localement à ces bassins une apparence de fossés tectoniques.

GÉOLOGIE. — *La tectonique des régions granitisées du Haut Bocage vendéen.* Note (*) de M. **Gilbert Mathieu**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Au Nord du pli synclinal de Saint-Pierre-du-Chemin, long de 100 km, qui contient du Silurien fossilifère ([1]), il est logique d'admettre un axe anticlinal, mais il intéresse une région de batholites, de granulite et de granites. Cependant, les angles rentrants en Briovérien entre les apophyses de granite, puis la bande schisteuse de Saint-Amand-sur-Sèvre à Parthenay-le-Vieux, entre granite syénitique de Pouzauges et granulite de Bressuire, enfin les multiples enclaves dans le granite de Pouzauges, permettent de reconnaître la disposition des couches sédimentaires malgré la recristallisation des terrains.

Dans un puits (profond de 20 m) à large section, exécuté en mai 1954 pour l'alimentation en eau potable de la ville de Pouzauges, M. Gougaud, Ingénier des Travaux ruraux à la Roche-sur-Yon, a pu relever un pendage Nord-Est du schiste micacé formant une énorme enclave au milieu du granite, au moulin du Tail, à 3 km au Nord de Pouzauges. Cette importante observation, faite au milieu du batholite de Pouzauges, complète les renseignements donnés déjà par le Briovérien encaissant. Ainsi, entre le Petit-Bourg des Herbiers et Ardelay, comme au Sud des Herbiers à l'Aurière, puis dans la languette schisteuse du Breuil-Bernard à Pugny et la Vergne (entre granite syénitique de Moncoutant et granulite circulaire du Neuvy-Bouin), le pendage est Nord-Est. A tout ce panneau en Briovérien avec pendage Nord-Est s'oppose la série Infra-Cambrien, Silurien de Saint-Pierre-du-Chemin, Réaumur, Mouchamps, inclinée 45° à 75° Sud-Ouest. En conséquence, la crête des collines granitiques du Haut Bocage (Puy-Crapaud, 288 m; Bois de la Folie, 274 m; Saint-Michel-Mont Mercure, 285 m) correspond exactement à un axe anticlinal. Par contre la bande continue à pendage Sud-Ouest du Briovérien qui est adossée à la granulite de Bressuire, depuis Combrand jusqu'à Parthenay par Cirière, Courlay, Amailloux, et la série à pendage Nord-Est du Brueil-Bernard forment les deux flancs d'un axe synclinal noyé dans le granite syénitique de Cerizay, La Forêt-sur-Sèvre, La Chapelle Saint-Laurent.

(*) Séance du 26 juillet 1954.

([1]) G. Mathieu, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1739.

Si nous cherchons à placer ces indications tectoniques relatives au batholite de Pouzauges dans l'architecture d'ensemble du massif vendéen nous obtenons les résultats suivants :

L'anticlinal du Haut Bocage envahi localement par le granite à Pouzauges correspond à l'anticlinal des gneiss de Montaigu-Vendée (²) à la limite de la Bretagne, tandis qu'au Sud il est prolongé par l'anticlinal de Briovérien métamorphique de Secondigny-en-Gâtine à Clavé (Deux-Sèvres), recouvert par le Jurassique à partir d'Allonne. Un jeu posthume de cet anticlinal paraît avoir donné la voûte anticlinale du Bajocien-Bathonien visible dans la voie ferrée entre Salles et la Mothe-Saint-Héraye (Deux-Sèvres).

La lentille synclinale du Briovérien de la Guyonnière, au milieu des gneiss de Treize-Septiers, Montaigu, se prolonge sensiblement par l'arête synclinale du Petit-Bourg des Herbiers, avant de passer dans le granite syénitique de Cerizay, avec le jalon de l'amande schisteuse de la Flocellière, entre granulite des Chateliers et granite de Pouzauges.

Du gros batholite de granite grenu à deux micas de Torfou-Tiffauges sort l'axe anticlinal de Saint-Amand-sur-Sèvre (³) qui disparaît au Sud à Brétignolles dans la granulite de Bressuire, mais à Parthenay une structure anticlinale a été reconnue de nouveau depuis quelques années.

La vaste surface occupée par les granulites des Deux-Sèvres depuis le Puy Saint-Bonnet au Nord jusqu'à Ménigoute au Sud renferme probablement une longue ligne synclinale marquée par les amandes de diorites de Châtillon-sur-Sèvre, interprétées comme des calcaires dévoniens recristallisés (⁴).

Conclusions. — La bande de roches éruptives Nantes-Parthenay ne correspond pas à une large voûte anticlinale, mais à de nombreux plis parallèles incomplètement masqués par la granitisation. Dans ces conditions le nombre de grands plis synclinaux que l'on peut compter entre le Bassin d'Ancenis et le sillon houiller de Chantonnay est assez considérable et se monte au minimum à six, sans compter les subdivisions en petites écailles; l'ensemble a un style très vertical.

Le granite à deux micas de Torfou-Tiffauges se présente comme un batholite profond en position anticlinale, tandis que le massif tordu en « S » de Pouzauges, Cerizay, Parthenay-le-Vieux correspond à une granitisation très superficielle qui n'a pas oblitéré la tectonique et a laissé subsister des centaines d'enclaves importantes.

(²) G. Mathieu, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 728.
(³) G. Mathieu, *Bull. Carte Géol. Fr.*, 48, n° 229, 1950, p. 13.
(⁴) G. Mathieu, *Ibid.*, p. 17.

GÉOLOGIE. — *Les nappes à matériel crétacé inférieur et moyen de l'Ouarsenis nord oriental* (*Algérie*). Note de M. **Maurice Mattauer**, présentée par M. Pierre Pruvost.

J'ai récemment montré (¹) que le massif de l'Ouarsenis était constitué d'allochtone surmontant l'autochtone. Le Crétacé supérieur et le Tertiaire y forment la majeure partie de l'allochtone; mais j'avais admis que le Crétacé inférieur devait aussi participer aux nappes. La cartographie détaillée de la partie Nord du Tell méridional (feuille au 1/50 000ᵉ de Béni-Bou-Douane) vient de confirmer cette interprétation. La stratigraphie du Crétacé inférieur et moyen y est très comparable à celle de la feuille de Miliana (²); on y trouve du Néocomien, de l'Aptien avec de nombreuses lentilles de calcaires à Orbitolines, du flysch albien inférieur; ce dernier est surmonté d'assises plus marneuses représentant l'Albien supérieur. Au-dessus, les marnes et calcaires vraconniens et cénomaniens sont toujours reconnaissables.

Tous ces terrains sont affectés par une tectonique complexe où les superpositions anormales sont la règle. Ainsi, aux environs de la maison forestière d'Aïn-Aïssa, la piste recoupe l'un des contacts anormaux aux points de coordonnées Lambert : $y = 308{,}0$; $x = 423{,}6$. Le flysch albien y surmonte les calcaires du Cénomanien. Ce contact, jalonné de Trias, peut se suivre sur plus de 20 km. Pour ce cas précis, la cartographie montre que la surface de chevauchement est, dans son ensemble, horizontale; l'ampleur des déplacements atteindrait 8 km. De tels contacts anormaux sillonnent toute la feuille de Béni-Bou-Douane. Pour certaines unités, l'ampleur du déplacement atteint un minimum de 15 km, valeur qu'il faudra probablement augmenter. Les contacts sont jalonnés, avec une extraordinaire constance, par le complexe triasique (gypse, dolomie, cargneule, brèche emballant des roches éruptives et métamorphiques primaires). Le Trias se présente généralement sous forme de bancs lenticulaires de quelques mètres de puissance.

Même les zones tectoniques de structure simple sur plusieurs dizaines de kilomètres carrés, qui nous semblaient appartenir à de l'autochnone, apparaissant en fenêtre, reposent, par l'intermédiaire d'une zone chaotique entrelardée de Trias, sur les terrains plus récents. Nous devons donc les considérer comme charriées.

Plusieurs unités charriées superposées ont ainsi pu être mises en évidence,

(¹) *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 741.

(²) *Bull. Soc. Géol. France.*, (5), 20, 1950, p. 479-501. — Feuille Milliana et notice : *Publ. Serv. Carte Géol. Algérie*, 1951.

et provisoirement seul l'anticlinal à noyau jurassique et couverture néocomienne du barrage de l'Oued Fodda, dont nous avons étudié la terminaison orientale, reste considérée comme autochtone ou para-autochtone. L'anticlinal y est ceinturé par une lame de Trias redressée jalonnant le contact anormal de base. Cet anticlinal serait donc dû à un important plissement postérieur à la mise en place des nappes et faisant surgir leur substratum. Ailleurs les mêmes plissements font apparaître les unités inférieures sous les unités supérieures.

Les masses charriées du Nord de l'Ouarsenis se prolongent avec les même caractères à l'Est sur la feuille de Pont du Caïd et au Sud sur celle de Djebel Meddad. Les nappes qui recouvrent en majeure partie cette région y reposent sur du Miocène inférieur autochtone, ou présentent des intercalations de lentilles miocènes. Leur mise en place s'est réalisée au cours du Miocène inférieur, car l'on peut distinguer un Miocène inférieur antérieur aux nappes et un Miocène inférieur postérieur aux nappes. Notons que ces nappes sont elles-mêmes chevauchées par des unités à matériel crétacé supérieur et éocène inférieur, surmontées par le Numidien priabono-oligocène en position anormale.

La mise en évidence de nappes d'âge miocène inférieur, formées par du matériel crétacé inférieur et moyen, dont on ne connaissait pas d'équivalent aussi important dans le Tell algérien, apporte un élément nouveau, dont il faudra tenir compte pour expliquer la mise en place de l'allochtone tellien. Ces nappes sont au moins aussi importantes que celles à matériel crétacé supérieur-tertiaire, surtout connues jusqu'à présent. Devant ces faits un décollement généralisé d'une grande partie de la couverture crétacée semble s'imposer.

Or au Nord du Chéliff, à la limite Sud du Tell septentrional, L. Glangeaud (3) avait figuré et décrit depuis 1926 d'importants contacts anormaux jalonnés de Trias à la base soit d'un complexe nommé par lui « Albo-aptien » (feuilles de l'Oued Damous et de Carnot), soit de Crétacé inférieur (Nord du Zaccar). Plus récemment, dans une note commune (4), il a donné de nouvelles précisions sur l'allochtone du Tell septentrional. Nous avions d'autre part (2) figuré avec lui et A. Caire des contacts anormaux autour du Zaccar sur la feuille de Miliana.

Les nouvelles données que nous apportons sur la partie Sud du Chéliff posent maintenant un problème d'ensemble.

---

(3) *Bull. Soc. Géol. France*, 4, 1926, p. 47-60. *Thèse Sciences*, Paris, 1932, 625 p., 110 figures, 6 plus XXVIII pl.; *Bull. Serv. Carte Géol. Algérie* (2), n° 8, 1932,. Feuille au 1/200 000e du nord de la province d'Alger et coupes, *Publ. Serv. Carte Géol. Algérie* (2), 1936, n° 8 *bis* et 8 *ter*.

(4) A. Caire, L. Glangeaud, M. Mattauer et J. Polveche, *Bull. Soc. géol. France*, (6), 3, fasc. 9, déc. 1953.

Il semble difficile, sinon impossible, d'enraciner toutes les nappes de l'Ouarsenis au Sud des massifs primaires et jurassiques du Chéliff (zone III de L. Glangeaud). Le géanticlinal du Chéliff devrait dans ce cas avoir fortement chevauché ces nappes vers le Sud, ce que rien ne laisse supposer. Malgré l'ampleur des charriages que cela implique, il semble plus logique d'interpréter les massifs de la zone III comme apparaissant « en fenêtre », au moins par rapport à une partie des unités allochtones.

SÉDIMENTOLOGIE. — *Répartition granulométrique instantanée du transport solide dans la Medjerda en crue.* Note (*) de MM. **Jean Pimienta** et **Claude Collet**, transmise par M. Pierre Pruvost.

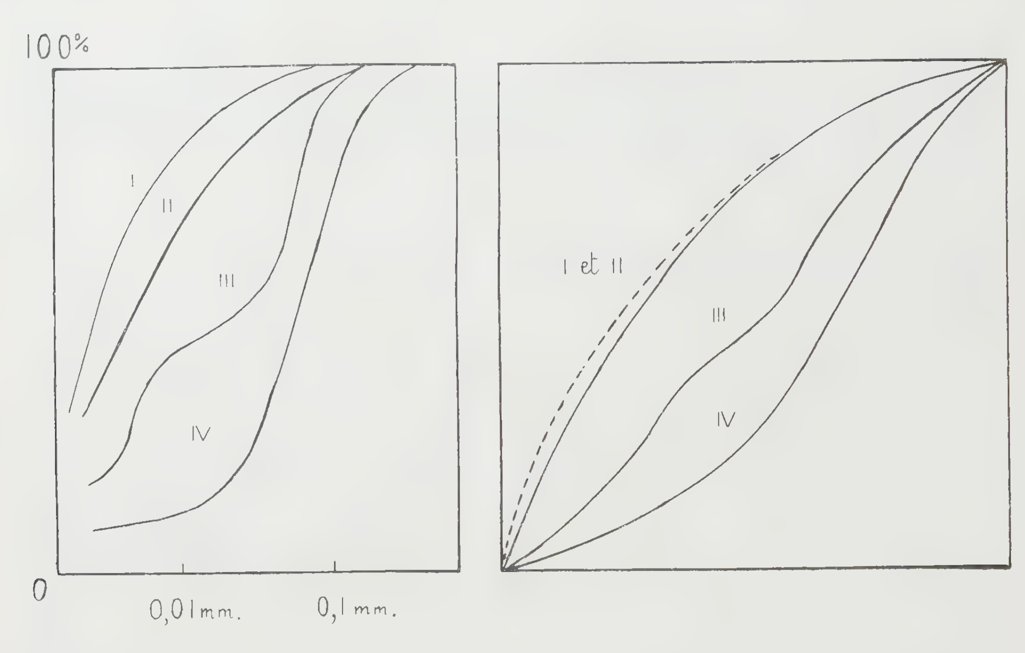
Des prélèvements d'eau chargées en troubles, effectués dans la Medjerda à l'occasion d'études préliminaires d'ouvrages d'art, ont montré que les lois de l'évolution granulométrique des sédiments en place s'appliquaient aussi à leur répartition en cours de transport.

Le débit solide exceptionnellement élevé de la Medjerda par rapport à son débit total pose des problèmes importants en ce qui concerne les grands travaux d'aménagement en Tunisie (barrages, irrigations, drainages). Aussi dans le cadre des études préliminaires a-t-il été jugé indispensable de l'évaluer avec la plus grande précision possible. Le pourcentage solide varie en tête et en fin de crue suivant l'importance des crues; à un instant donné, il varie également dans une tranche verticale, ainsi qu'en fonction de la distance aux berges, si bien que les recherches ont nécessité de nombreux prélèvements suivis de mesures pondérales et de granulométries.

Mais le fait même d'opérer un prélèvement perturbe momentanément la vitesse et la direction des filets d'eau, modifiant par conséquent, la compétence et risquant par là de provoquer une chute partielle immédiate de la charge en troubles. Pour pallier à ces inconvénients, l'entreprise de travaux publics chargée des études a mis au point une bouteille de prise douée de bonnes qualités hydrodynamiques, et pesant 80 kg. afin d'offrir une inertie permettant d'assurer son immobilité dans un courant assez rapide (3 à 4 m/s). Elle est maintenue vide jusqu'au moment du prélèvement par un envoi d'air comprimé et l'air qu'elle contient est aspiré au cours du remplissage, de façon à régulariser le débit de l'orifice de prise. Ces précautions ont tout au moins permis de ne pas éliminer les plus grosses particules, les plus sensibles aux variations de compétence, et d'obtenir une représentation granulométrique complète et très exacte du débit solide.

(*) Séance du 26 juillet 1954.

D'ailleurs le débit solide de la Medjerda, comme le montrent les courbes granulométriques reproduites, est constitué d'éléments fins. Ce fait était favorable à la mise en évidence des lois de la répartition granulométriques en cours de transport, d'abord en raison de leur moindre sensibilité aux petites perturbations hydrodynamiques accompagnant le prélèvement, mais aussi parce que la plus grande quantité de particules pour un poids donné diminue les effets possibles des phénomènes aléatoires.



Nous présentons ici (figure de gauche) quatre courbes cumulatives semi-logarithmiques choisies parmi les plus caractéristiques :

I et II : prélèvements en pleine eau (I, près de la surface; II, à 2 m de profondeur);

III : Prélèvement au fond du lit en période de crue, effectué à la benne;

IV : Dépôt de crue laissé sur la berge.

Signalons que les nombreux prélèvements effectués en pleine eau présentent tous des granulométries très voisines.

Pour permettre l'examen des *indices granulométriques* de ces courbes, elles sont ramenées sur la figure de droite à leur *forme canonique*, conformément à la méthode donnée par A. Rivière (1). Les courbes représentant les échantillons I et II montrent que ceux-ci ont des faciès *hyperboliques* assez semblables; *leur indice N. g.*, calculé d'après les indications de A. Rivière, varie de — 0,9 à — 1. Ce faciès est commun à l'ensemble des sédiments, dont l'évolution est poussée. La courbe de l'échantillon III au

(1) *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 2, 1952, p. 155-167.

fond du lit, rectiligne dans le système de coordonnées adopté, traduit une granulométrie *logarithmique* qui caractérise par excellence les faciès de transport, sans décantation ni lévigation prédominante; ces deux mécanismes s'équilibrent approximativement en chaque point. Les paliers et points d'inflexion, surtout visibles sur la courbe cumulative de la figure de gauche, résultent de variations de vitesse en cours de crue accompagnée de reprises et de remaniements. Les berges sont formées de dépôts à faciès *parabolique* (N. g = 0,8), montrant une évolution moins poussée que celle des sédiments entraînés vers le fond.

Il en résulte que les lois de l'évolution granulométrique des sédiments découvertes par A. Rivière ([1]) s'appliquent non seulement à leur répartition dans un bassin, mais même à leur répartition instantanée dans le profil transversal en cours de transport, ce qui confirme les déductions de cet auteur, concernant des sédiments dont le mode de transport n'avait pu être inféré des conditions géologiques des dépôts.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Réutilisation du tanin dans des prothalles de Filicinées maintenus en inanition.* Note de Mme **Suzanne Laurent**, présentée par M. Roger Heim.

Nous avons montré, dans une précédente Note ([1]), qu'il existe un rapport direct entre la concentration du milieu en glucose et la concentration en tanin des prothalles. Nous nous proposons maintenant de rechercher si ce tanin joue le rôle d'une substance de réserve, susceptible d'être reprise par le métabolisme.

Dans ce but, nous avons employé la technique suivante :

Trois paniers de 24 tubes ont été ensemencés avec des fragments de cultures prothalliennes aussi semblables que possible, sur un milieu liquide constitué par du Knop additionné de 2 ou 3 % de glucose, dose non toxique.

Au bout de deux mois environ, c'est-à-dire quand les cultures sont bien développées, on dose le tanin dans un des paniers. Les cultures d'un deuxième panier sont transportées dans un milieu minéral identique au précédent, mais ne renfermant pas de glucose, et mises à l'obscurité. Le troisième panier, utilisé comme témoin, est lui-même placé à l'obscurité après transport des cultures dans un milieu glucosé semblable au premier.

Après un ou deux mois, le tanin est dosé dans les deux paniers.

Cinq expériences ont été faites. En voici les résultats ci-après.

L'examen de ces résultats montre une diminution très sensible de la teneur en tanin des cultures mises à l'obscurité en milieu minéral, cultures dont la

([1]) S. Laurent, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 2428.

croissance est, par ailleurs, très faible. Cet abaissement peut atteindre la moitié de la teneur primitive. Chez les cultures témoins, maintenues elles aussi à l'obscurité, mais en milieu glucosé, la teneur en tanin s'est conservée ou même a augmenté nettement (expériences 1, 4, 5).

Époque du dosage.	Milieu.	Teneur en tanin pour 24 tubes (en cm^3 de MnO_4K).	Poids de matière vivante pour 24 tubes (en g).
I. Au moment de la mise à l'obscurité	Knop + glucose 2 %	69,7	7,6
Après 1 mois à l'obscurité	Knop	61,1	9,06
	Knop + glucose 2 %	97,7	10,33
II. Au moment de la mise à l'obscurité	Knop + glucose 2 %	128,04	10,33
Après 2 mois à l'obscurité	Knop	80,93	11,62
	Knop + glucose 2 %	133,96	11,9
III. Au moment de la mise à l'obscurité	Knop + glucose 2 %	162,2	14,98
Après 2 mois à l'obscurité	Knop	80,88	17,48
	Knop + glucose 2 %	164,54	18,33
IV. Au moment de la mise à l'obscurité	Knop + glucose 3 %	188,06	17,51
Après 2 mois à l'obscurité	Knop	171	18,6
	Knop + glucose 3 %	209	18,16
V. Au moment de la mise à l'obscurité	Knop + glucose 3 %	96,34	7,43
Après 2 mois à l'obscurité	Knop	76,11	11,12
	Knop + glucose 3 %	239,8	14,76

Nota. — Les variations observables d'une expérience à l'autre sont dues sans doute au fait que les prothalles utilisés provenaient, initialement, de milieux différents. Des variations dans la température du laboratoire à laquelle les expériences ont été faites, sont aussi responsables de ces variations.

Il semble donc bien que le tanin puisse, dans le cas de carence en aliment carboné, être partiellement repris par le métabolisme. On peut donc, alors, le considérer comme une substance de réserve. Mais il est possible que cette utilisation soit exceptionnelle, les conditions de l'expérience étant très particulières.

Quelle est la partie utilisée ? Vraisemblablement le glucose des tanins hétérosidiques. Dans ce cas, il sera sans doute possible de retrouver l'aglycon sous forme de composés phénoliques simples, dont le dosage sera tenté ultérieurement.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Effet protecteur de la β-mercaptoéthylamine vis-à-vis de l'action provoquée par la dihydrostreptomycine sur la croissance de plantules de blé.* Note de MM. **Georges Nétien** et **Jean Lacharme**, transmise par M. Maurice Javillier.

Von Euler a montré les effets toxiques de la dihydrostreptomycine sur la croissance des plantules ([1]), il nous a paru intéressant de rechercher si la mercaptoéthylamine pouvait exercer une protection éventuelle ([2]).

Deux séries d'expériences furent réalisées en utilisant des caryopses (G) ou des plantules de blé (P).

Expériences semences (G). — Les caryopses trempés 24 h dans une solution de cystéinamine à 1/5 000e (C) ou sulfate de dihydrostreptomycine à 1/2 000e (Dst) ou eau ordinaire (E) sont développés en milieu nutritif minéral (b) dans lequel est ajouté soit la cystéinamine (*c*), soit la dihydrostreptomycine (dst). Les différentes combinaisons sont indiquées sur les tableaux (GT = graine témoin).

Expériences plantules (P) (germination de 48 h). — Le protocole expérimental est le même; toutefois nous avons complété cette expérience en changeant quotidiennement la cystéinamine (cq), soit le mélange dihydrostreptomycine-cystéinamine (mq) que nous opposons au lot (mk) qui reste fixe (PT = plantule témoin).

Résultats. — Expérience arrêtée le 12e jour. Les hauteurs de tige et la grandeur des racines sont exprimées dans les tableaux ci-contre, en chiffre absolu et pourcentage; le témoin étant pris à 100 %.

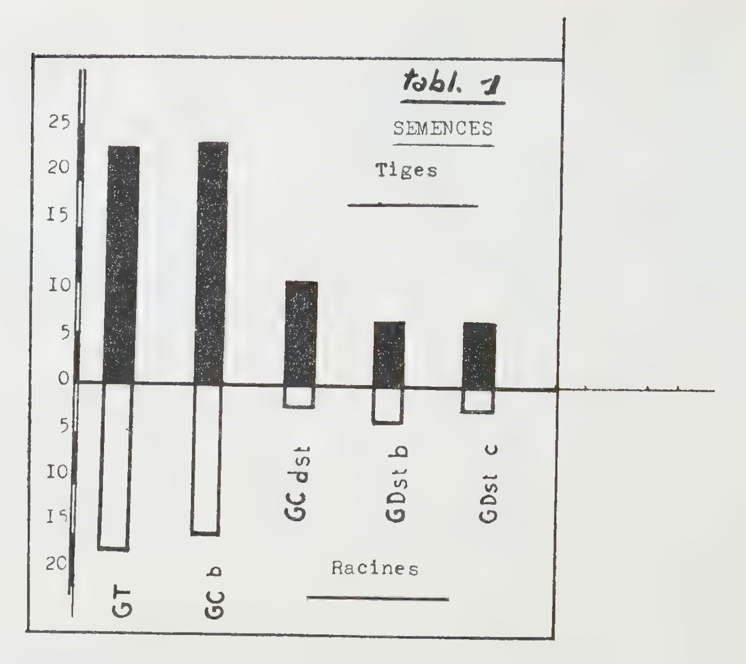
Interprétation. — *Croissance des tiges.* — La cystéinamine ne manifeste aucune toxicité sur graines et plantules trempées 24 h dans la solution à la dose étudiée; mais une diminution de croissance d'environ 40 % (lot PC 2*q*) en changeant quotidiennement. La cystéinamine semble protéger la partie aérienne de la plantule contre l'action inhibitrice de la streptomycine, si on la fait agir avant celle-ci (lots PC dst et PD st2) ou simultanément (lots PEmk et PEmq).

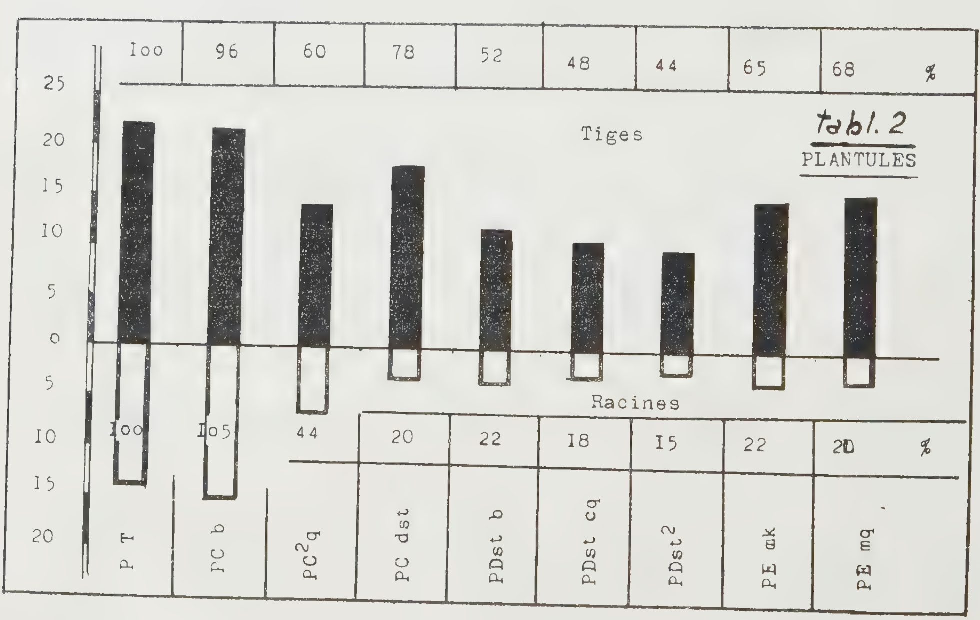
Croissance des racines. — Les diverses combinaisons ne provoquent ni action antagoniste, ni action synergique. L'antibiotique reste toxique.

Chlorophylle. — L'antibiotique provoque une chlorose de la plantule. Si l'on compare les lots PD dst, PD stcq et PD st2, seules les feuilles du lot PD stcq ne présentent pas ce phénomène. La mercaptoéthylamine ajoutée au milieu nutritif minéral, diminue la propriété antichlorophylle de la dihydrostreptomycine. Cette étude fait l'objet de nos recherches actuelles.

([1]) H. Von Euler, *Arch. for Kemi. Goel.*, 27 A, n° 17, 1947.

([2]) P. Kluyskens et P. Van Lindt, *Acta Oto Rhino. Laryng. Belg.*, 7, 1953, p. 371.





Conclusion. — La β-mercaptoéthylamine présente effectivement une action protectrice vis-à-vis des effets toxiques de la dihydrostreptomycine, manifestés sur la croissance de la plantule ou par des troubles sur la chlorophyllogénèse. Cette activité protectrice n'existe que si on la fait agir antérieurement ou en même temps que l'antibiotique. Par contre une action postérieure n'empêche pas les diverses manifestations toxiques de la dihydrostreptomycine.

GÉNÉTIQUE. — *Effet antibiotique de la canavanine sur la levure.*
Note de M. **Adrian M. Srb**, présentée par M. Roger Heim.

La croissance de la levure est fortement inhibée par la canavanine. Cet effet antibiotique est neutralisé par l'arginine, un analogue structural de la canavanine.

On sait que l'acide aminé canavanine est un inhibiteur puissant de la croissance de certains microorganismes ([1]), ([2]) et végétaux supérieurs ([3]), ([4]). Dans tous ces cas, l'arginine agit spécifiquement pour lever l'inhibition. La similarité des résultats obtenus avec des organismes variés indique une action antimétabolique dont la signification biochimique est générale.

Des expériences récentes nous ont permis de constater que la canavanine exerce une action antibiotique sur la levure et qu'ici encore l'inhibition est levée par l'arginine. Les effets de la canavanine ont été étudiés sur deux souches de levure : la souche diploïde « Yeast Foam » et la souche 174/1d, haploïde de type sauvage, décrite par B. Ephrussi, H. Hottinguer et J. Tavlitzki ([5]). Les résultats obtenus avec les deux souches sont essentiellement semblables.

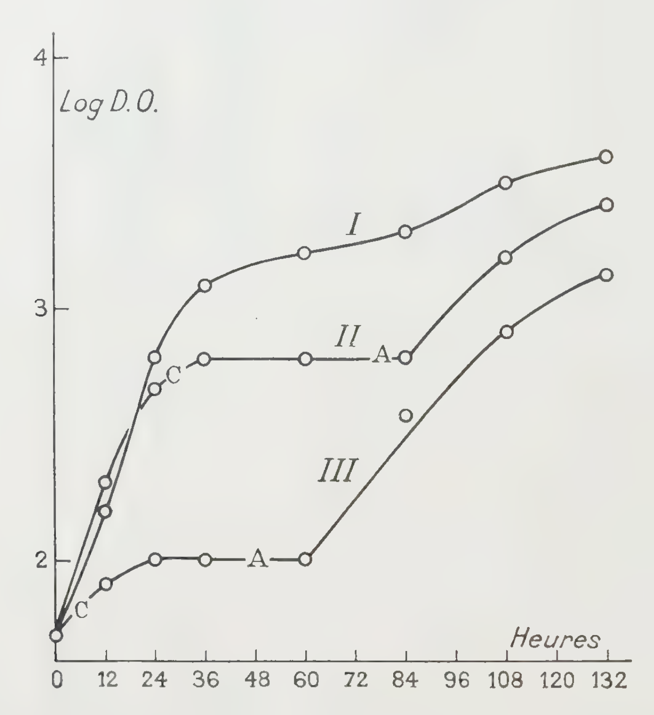
Si l'on étale jusqu'à 180×10^6 cellules de l'une de ces levures sur un milieu synthétique gélosé dépourvu d'arginine et contenant au moins 0,02 mg de canavanine par centimètre cube, la croissance est inhibée. Seules quelques rares colonies constituées par des mutants résistants à la canavanine se développent. L'addition subséquente, à la surface du milieu, d'arginine cristallisée permet aux cellules initialement inhibées de proliférer et de former des colonies. Aucune des substances suivantes ne produit un effet semblable : citrulline, ornithine, tyrosine, valine, cystine, glycine, tryptophane, acide glutamique, histidine, asparagine, phényl-alanine, isoleucine, acide α-amino valérique, oxyproline, proline, alanine, leucine, thréonine, cystéine, serine, guanine, adénine, pyridoxine, acide pantothénique, riboflavine, et thiamine. La lysine atténue l'effet de la canavanine sur la souche « Yeast Foam », mais elle est beaucoup moins efficace que l'arginine.

L'inhibition est levée par la D-arginine aussi bien que par la L-arginine. Les milieux complexes qui contiennent de l'arginine, par exemple l'hydrolysat de caséine, neutralisent également les effets de la canavanine.

Si l'on étale la levure sur un milieu contenant à la fois de la canavanine et de l'arginine, la croissance des colonies est normale, pourvu qu'il y ait plus de 3 mol d'arginine par molécule de canavanine.

([1]) N. H. Horowitz et A. M. Srb, *J. Biol. Chem.*, **174**, 1948, p. 371.
([2]) B. E. Volcani et E. E. Snell, *J. Biol. Chem.*, **174**, 1948, p. 893.
([3]) J. Bonner, *Am. J. Bot.*, **36**, 1949, p. 323.
([4]) J. E. Wright et A. M. Srb, *Bot. Gaz.*, **112**, 1950, p. 52.
([5]) *Ann. Inst. Pasteur*, **76**, 1949, p. 419.

L'inhibition par la canavanine et l'action antagoniste de l'arginine s'effectuent avec des cultures en voie de prolifération dans un milieu synthétique liquide ([5]) aussi bien que dans les conditions déjà décrites. La figure 1 en est une illustration. La reprise de la croissance des cultures



Abscisse : heures de croissance. Ordonnée : densité optique de la culture; logarithmes du nombre de divisions du tambour de l'électrophotomètre de Meunier. I. Culture témoin. II. Addition de 2,5 mg de canavanine (C), pendant la prolifération, puis de 12,0 mg d'arginine (A). III. Addition de 2,5 mg de canavanine (C) immédiatement après l'ensemencement; puis de 12,0 mg d'arginine (A). Volume des cultures : 10 cm³.

inhibées par la canavanine est due à l'action de l'arginine et non à la sélection de mutants résistants à la canavanine : en effet, l'étalement d'échantillons de la culture au cours de sa prolifération ne montre pas d'augmentation de la proportion de colonies résistantes à la canavanine.

PHYSIOLOGIE. — *Action de l'ammonium sur la protéolyse de la lactoglobuline par la trypsine.* Note (*) de Mlle **Jeannine Yon**, transmise par M. Robert Courrier.

Dans des recherches précédentes, nous avons étudié les modalités d'action de l'ion calcium sur la protéolyse de la lactoglobuline par la trypsine ([1]). Nous

(*) Séance du 26 juillet 1954.

([1]) J. Yon, *Comptes rendus*, 233, 1954, p. 284.

indiquerons dans ce travail l'influence qu'exerce l'ion NH_4^+ sur cette réaction. On a jusqu'à présent peu de données sur le sujet. M. R. McDonald et M. Kunitz [2] ont observé que l'ammonium, à l'inverse du calcium, diminue la transformation autocatalytique du trypsinogène en trypsine active. Par ailleurs K. M. Harmon et C. Niemann [3] ont montré que ce cation n'a aucun pouvoir inhibiteur dans l'hydrolyse de la L-benzoylargininamide par la trypsine.

Les conditions d'expérience ainsi que les méthodes utilisées pour aborder cette étude ont déjà été indiquées antérieurement [4], [1].

A partir d'une concentration relativement faible (0,2 M), la présence d'ammonium inhibe complètement l'hydrolyse trypsique de la lactoglobuline

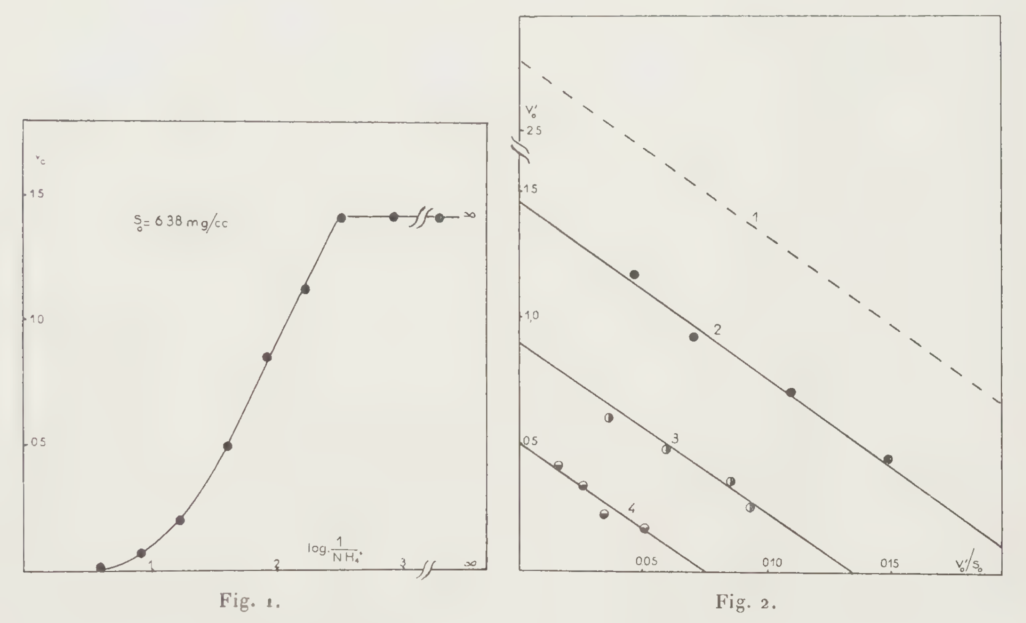


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 2. — Concentration de trypsine $e = 141 \gamma/cm^3$: 1, sans $ClNH_4$; 2, $ClNH_4$ 0,0109 M; 3, $ClNH_4$ 0,026 M; 4, $ClNH_4$ 0,064 M.

(tampon borate pH 7 et 35°). Son effet est immédiat et se produit aussi bien à pH 7 qu'à pH 8; de plus son action dépend peu du milieu dans lequel s'effectue la protéolyse : bien qu'elle ne soit pas totale, l'inhibition est encore considérable en tampon phosphate [5]. C'est l'ion ammonium qui est respon-

(2) *J. Gen. Physiol.*, 25, 1941, p. 53.

(3) *J. Biol. Chem.*, 178, 1949, p. 743.

(4) F. Labeyrie et J. Yon, *J. Chim. Phys.*, 50, 1953, p. 186.

(5) Dans les expériences faites en tampon phosphate, l'utilisation de la méthode titrimétrique habituelle est impossible par suite de la trop grande valeur initiale de titrage. D'autre part, la β-lactoglobuline n'est pas précipitée quantitativement par l'acide trichloracétique en solution aqueuse. Nous avons utilisé une solution d'acide trichloracétique 5 % dans l'alcool 30 % qui donne des résultats quantitatifs.

sable de cette inhibition : en effet, qu'on l'ajoute sous forme de chlorure ou de sulfate, on obtient le même résultat.

Nous avons utilisé d'autres substrats, et nous avons remarqué que l'ammonium inhibe la digestion de la sérumalbumine, mais ne diminue que faiblement celle de l'hémoglobine et est sans action sur l'hydrolyse de la caséine. L'ion NH_4^+ n'exerce d'ailleurs pratiquement aucune influence sur l'inactivation de la trypsine aux pH considérés (7 à 8), comme l'indiquait déjà une mesure de M. Bier et F. F. Nord ([6]). Par conséquent dans nos conditions expérimentales, il est hautement probable que les ions ammonium n'ont pas d'effet sur la molécule de trypsine, mais qu'ils exercent leur action sur le substrat.

Si nous admettons que la diminution de la vitesse de protéolyse est due à la fixation réversible de l'ammonium en une position définie par rapport au groupe sensible de la molécule de lactoglobuline L, nous pouvons appliquer la loi d'action de masse à cet équilibre. Lorsqu'on porte la vitesse initiale de protéolyse en fonction du logarithme de $1/(NH_4^+)$, où (NH_4^+) exprime la concentration d'ammonium, on obtient la courbe indiquée par la figure 1 qui permet d'obtenir la constante $K_{(NH_4)}$ définie par l'équilibre $K_{(NH_4)} = (L)(NH_4^+)/(LNH_4)$. Cette détermination a été faite pour plusieurs concentrations de substrat. La valeur de $K_{(NH_4)}$ correspond à $1,5.10^{-2} \pm 0,1.10^{-2}$ M. Cet équilibre n'est pas modifié par la température ($\Delta H \simeq 0$). A 35° la formation du complexe lactoglobuline-NH_4 s'accompagne d'une diminution d'énergie libre de $2\,550 \pm 50$ cal/mol et d'une variation d'entropie de + 8 U. E.

Bien que l'action de l'ammonium s'exerce sur la lactoglobuline, les équations classiques concernant les diverses inhibitions portant sur l'enzyme s'appliquent encore. La représentation G. S. d'Eadie ([7]) : $v_0 = V_{mi} - K_{mi} v_0/s_0$, permet d'obtenir les constantes (V_{mi} et K_{mi} représentent la vitesse maximum et la constante de Michælis complexe en présence d'inhibiteur; v_0 et s_0 sont respectivement la vitesse initiale de protéolyse et la concentration totale de substrat). L'allure des droites $[v_0 = f(v_0/s_0)]$ pour différentes concentrations d'inhibiteur indique immédiatement le résultat. Comme le montre la figure 2, nous obtenons une famille de droites parallèles; ce qui prouve que K_{mi} reste identique à K_m quelle que soit la concentration d'ammonium. De plus nous avons pu observer que l'ammonium fixé sur la lactoglobuline n'est pas déplacé par un excès d'enzyme ($1\,880\,\gamma/cm^3$). Le blocage du substrat est donc de la forme d'une inhibition non compétitive; d'autre part la valeur de $K_{(NH_4)}$ rend compte à 10 % près des valeurs trouvées pour V_{mi} qui est égal à

$$V_m/(1 + (NH_4^+)/K_{(NH_4)}).$$

Nous pouvons donc conclure que lorsque NH_4^+ est fixé sur la molécule de

---

([6]) *Arch. Biochem. Biophys.*, **33**, 1951, p. 320.

([7]) *J. Biol. Chem.*, **144**, 1942, p. 85; *Science*, **116**, 1952, p. 688.

lactoglobuline, celle-ci peut encore se combiner avec la trypsine pour former un complexe, mais qui n'est pas hydrolysable par l'enzyme. Les ions NH_4^+ susceptibles de se fixer en d'autres points de la molécule seraient sans effet sur la vitesse de protéolyse.

BIOLOGIE. — *Mesure photoélectrique de la pénétration transorbitaire des radiations visibles jusqu'au cerveau, chez le Canard domestique.* Note (*) de MM. **Jacques Benoit**, **Ladislav Tauc** et **Ivan Assenmacher**, transmise par M. Robert Courrier.

Une méthode utilisant une cellule photoélectrique nous a permis de déterminer avec précision l'opacité des tissus traversés jusqu'au cerveau par diverses radiations lumineuses visibles, au niveau de la région oculaire, chez le Canard. La rapidité de cette méthode, nous a permis de suivre certaines variations de l'opacité des tissus, considérés en fonction du temps s'écoulant après la mort.

Les radiations lumineuses visibles qui stimulent chez les Oiseaux, le Canard en particulier, l'activité génitale, peuvent le faire en excitant un photorécepteur superficiel (rétine) ou un photorécepteur profond (hypothalamus, rhinencéphale) en traversant les différents tissus et organes de la région orbitaire ([1]). Le globe oculaire agit alors comme une lentille qui projette les rayons lumineux à travers l'os du fond de l'orbite jusqu'au cerveau.

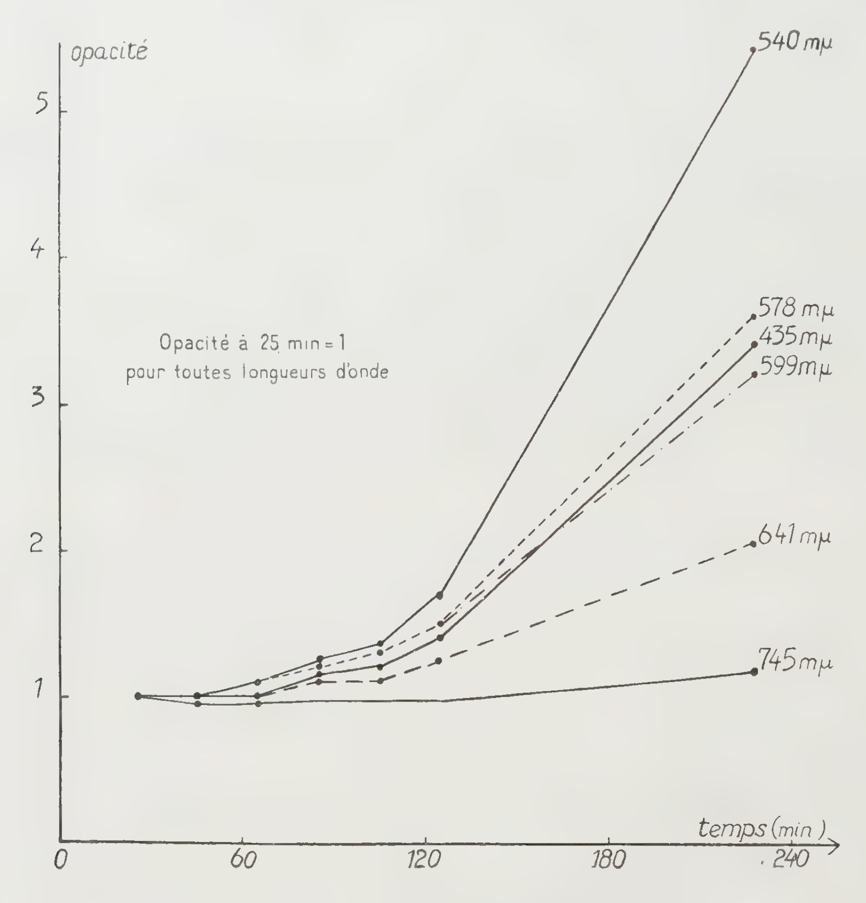
Nous avons antérieurement déterminé, par une méthode photographique, les opacités de la région orbitaire éclairée obliquement ([2]). Nous présentons aujourd'hui les résultats d'une méthode plus rapide et plus précise. Elle consiste à placer à la surface du cerveau, au niveau de la région à prospecter, dans une tête de Canard tué au chloroforme, les vaisseaux restant ainsi remplis de sang, une cellule photoélectrique au sélénium à couche d'arrêt (surface photosensible de 5×6 mm). La forte intensité de la source lumineuse employée (lampe à incandescence de 500 W alimentée par un courant alternatif stabilisé en tension) et la grande sensibilité du galvanomètre utilisé nous ont permis des mesures très précises dans toute l'étendue du spectre visible malgré l'emploi de filtres assez sélectifs. Les valeurs ainsi relevées furent ensuite comparées à celles obtenues par l'éclairement direct de la cellule, à la même distance de la lampe, avec l'interposition successive des différents filtres et d'un ou de plusieurs filtres de verre neutre, dont les facteurs de transmission étaient connus, afin d'obtenir une réponse de même ordre qu'au cours de l'expérience avec la tête de

(*) Séance du 26 juillet 1954.

([1]) J. Benoit et I. Assenmacher, IIe *Réunion Endocrinologistes de langue française*, 1953, p. 33.

([2]) J. Benoit, I. Assenmacher et S. Manuel, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1695.

Canard. Ces conditions nous permettent de considérer la réponse de la cellule photoélectrique comme parfaitement linéaire et, par un calcul simple, d'obtenir les facteurs d'opacité des tissus pour les différentes radiations. Comme dans notre expérience à méthode photographique, la lampe fut placée devant la région oculaire, dans une direction oblique antérieure. La cellule fut disposée à la surface du cerveau, derrière la dure-mère et la face endocranienne de l'orbite, au niveau de la région



Opacité à 25 min = 1 pour toutes les longueurs d'onde.

hypothalamique, de telle sorte que la couche sensible couvrait la plage lumineuse formée par la concentration des rayons effectuée par l'œil. Dans ces conditions, la réponse photoélectrique est maximum.

Nous avons expérimenté sur neuf têtes de Canards de race Pékin. Nous avons fait dans chaque cas plusieurs déterminations, à des temps variables après la mort. Le tableau ci-joint donne les résultats d'une expérience caractéristique, où le temps est compté à partir de la dernière respiration du Canard.

Filtre.	λ_{max} (mμ).	Opacité région orbitaire mesurée à différents temps après la mort (mn). 23-26.	43-45.	63-65.	83-86.	103-106.	123-126.	231-233.	$\frac{\text{Opacité à } \lambda}{\text{Opacité au rouge 745}}$. A 23-26 mn.	A 231-233 mn.
Bleu indigo B 1	435	1260	1260	1280	1450	1500	1800	4300	19,0	54,4
Vert V 7	540	295	302	330	370	400	510	1580	4,5	20
Jaune J 3	578	176	175	192	212	225	264	630	2,7	8
Orangé O 2	599	143	148	158	173	183	221	460	2,2	5,8
Rouge D 1	647	76	76	76	82	85	97	157	1,2	2
Rouge 745	745	66	61	61	62	62	62	79	1,0	1

Ce tableau nous conduit aux interprétations suivantes :

1. l'opacité de la région orbitaire aux radiations monochromatiques est d'autant plus grande que la longueur d'onde utilisée est plus courte.

2. cette opacité augmente après la mort; elle le fait plus rapidement pour les radiations de courte longueur d'onde et reste sans grand changement pour l'extrême rouge (*fig.* 1). D'autres expériences, qui seront publiées ultérieurement, nous ont montré que cette augmentation de l'opacité était essentiellement due aux altérations *post mortem* des milieux dioptriques de l'œil. Elle ne débute qu'après une heure environ, ce qui permet de dire, par extrapolation, que nos premières déterminations (25 mn *post mortem*), ne doivent pas être éloignées des conditions réalisées *in vivo*.

BIOLOGIE. — *Action du phosphore radioactif sur des cellules tumorales marquées avec cet élément*. Note de M. **Frédéric Ludwig**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

On admet en général que les éléments radioactifs employés comme indicateurs ne produisent pas d'effet biologique. Il n'en est pas toujours ainsi quand on se place à l'échelle cellulaire. Ces lésions peuvent même conduire à une interprétation erronée quand on a recours aux indicateurs pour étudier les conséquences d'une irradiation.

Le présent travail apporte un moyen d'évaluer quantitativement les effets d'un élément indicateur (P-32) à des doses égales à celles que l'on utilise habituellement pour obtenir des autohistoradiographies.

A cet effet, on injecte par voie sous-cutanée, en 1 cm^3, des doses de 15 et de 50 μC de Na_2HPo_4, suivant les lots, à des souris portant un cancer d'ascite et, pour suivre la fixation du P indicateur, on réalise une autoradiographie d'un étalement du liquide d'ascite prélevé par ponction [technique « Stripping » ([1]), exposition trois semaines]. Comme il s'agit

([1]) S. R. Pelc, *Nature*, **160**, 1947, p. 193.

de matériel frais, n'ayant pas subi de fixation, donc susceptible de produire des effets pseudo-radiographiques, on renverse l'émulsion Stripping, la gélatine au contact de la préparation ([2]). Une dilution de vingt fois dans le liquide de Ringer fait ressortir plus nettement l'autoradiographie des cellules cancéreuses, car l'activité du liquide environnant est alors si faible qu'elle n'impressionne plus l'émulsion pendant l'exposition mentionnée. Plus de la moitié de ces autoradiographies de cellules individuelles se présentent sous une forme annulaire : la majeure partie du P-32 est absorbée par le protoplasme. L'effet autoradiographique au niveau du noyau est plus faible.

On prélève le liquide d'ascite 24 h après l'injection du P-32 et l'on répète cette opération toutes les 24 h pendant cinq jours. Le pourcentage des cellules mortes est déterminé à l'aide de l'effet Strugger ([3]). Une telle suspension de cellules tumorales, même sans marquage radioactif, contient à peu près 15 % de cellules Strugger-positives (mortes). Ce pourcentage montre une dispersion statistique très large, la moyenne pourtant reste constante jusqu'à la mort de l'animal. Cette dispersion semble traduire la grande fragilité des cellules du cancer d'ascite, dont le développement, la multiplication et la mort sont influencés par de légères modifications du milieu. Cette fragilité explique aussi que dans la tumeur histologique, obtenue par injection intramusculaire, apparaissent de vastes régions nécrotiques.

Chez les animaux ayant reçu les doses indiquées de phosphore radioactif, le nombre des cellules Strugger-positives est augmenté pendant les premières 48 h de 150 %, il redevient ensuite sensiblement normal jusqu'au quatrième ou cinquième jour; on constate alors une augmentation de 100 %.

La différence entre les animaux injectés avec 15 μC et ceux ayant reçu 50 μC n'est pas significative : ceci permet peut-être de conclure à l'existence d'une catégorie de cellules tumorales particulièrement radiosensibles. On peut penser que cette catégorie représente les cellules proches de la mitose.

En conclusion, les cellules du cancer d'ascite, cancer à croissance rapide, marquées avec des doses de 15 à 50 μC par souris subissent des modifications dues aux radiations émises par l'élément indicateur, ce qui impose des réserves sur la validité des résultats acquis au moyen de l'histo-autoradiographie, plus particulièrement dans l'étude des lésions consécutives à une irradiation.

([2]) G. A. Boyd et A. Williams, *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 69, 1948, p. 225.

([3]) F. Ludwig, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 957.

GÉNÉTIQUE. — *Lysogénie et recombinaison génétique chez* Escherichia coli K 12. Note (*) de MM. **Élie L. Wollman** et **François Jacob**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Les croisements entre *E. coli* K 12 Hfr et F^-, tous deux lysogènes, montrent que le prophage λ et Gal_4 sont situés sur le segment TL Lac_1. Lorsque Hfr est lysogène et F^- non lysogène, l'induction spontanée du prophage supprime ceux des zygotes qui ont reçu le prophage λ. La distribution parmi les recombinants, des caractères liés au prophage λ, s'en trouve modifiée.

Il avait été jusqu'ici admis que la présence du prophage λ n'altérait pas les résultats de l'analyse génétique d'*E. coli* K 12. Le phénomène d'induction spontanée, observé au cours des croisements entre bactéries Hfr lysogènes (ly^+). et F^- non lysogènes (ly^-) établit qu'au cours de certains croisements une fraction importante des zygotes peut être éliminée ([1]). On peut se demander si cette élimination n'affecte pas préférentiellement certains segments du matériel génétique, exerçant ainsi une contre-sélection à l'égard de certaines classes de recombinants. Ainsi pourraient s'expliquer notamment les anomalies constatées au cours des croisements $F^+ly^+ \times F^-ly^-$ ([2]).

Dans les croisements Hfr $T^+L^+S^s \times F^-T^-L^-S^r$, où les bactéries sont mélangées à raison d'un Hfr pour 20 F^-, la fréquence de recombinaison (nombre de recombinants $T^+L^+S^r$ sur nombre initial de Hfr) varie considérablement selon le croisement réalisé. Cette fréquence, qui est de 5 à 10 % pour les croisements Hfr $ly^+ \times F^-ly^-$, dépasse 50 % dans les croisements Hfr $ly^+ \times F^-ly^+$ et Hfr $ly^- \times F^-ly^-$.

La distribution, parmi les recombinants, des marqueurs non sélectionnés, est, elle aussi, affectée par la nature des croisements. Dans un croisement Hfr $ly^-Lac_1^+Gal_4^+ \times F^-ly^-Lac_1^-Gal_4^-$, 55 % des recombinants sont Lac^+, 45 % sont Gal^+. Le passage simultané de Lac^+ et de Gal^+ a lieu dans 40 % des cas, ce qui indique une liaison entre Lac_1 et Gal_4. Dans un croisement Hfr $ly^+Lac_1^+Gal_4^+ \times F^-ly^-Lac_1^-Gal_4^-$, au contraire, 25 % des recombinants sont Lac^+, 3 % seulement sont Gal^+ dont la moitié environ sont aussi Lac^+. Parmi ces recombinants, 2 ‰ seulement sont lysogènes.

On sait qu'il existe une liaison étroite entre la lysogénie et le caractère Gal_4 ([3]), ([2]). L'extrême rareté des recombinants lysogènes, ainsi que la diminution considérable de la proportion des recombinants Gal^+ sont la

(*) Séance du 26 juillet 1954.

([1]) F. Jacob et E. L. Wollman, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 317.

([2]) E. L. Wollman, *Ann. Inst. Pasteur*, 84, 1953, p. 281; R. K. Appleyard, *Cold Spring Harbor Symp.*, 18, 1953, p. 95.

([3]) E. M. et J. Lederberg, *Genetics*, 38, 1953, p. 51.

conséquence de l'induction spontanée du prophage dans une large fraction des zygotes. La diminution de la proportion des recombinants Lac^+ reflète également ce phénomène qui, cependant, montre que le caractère Lac_1 est beaucoup moins lié aux caractères Gal_4 et ly que ceux-ci ne le sont entre eux. Il se trouve apparemment entre TL et Gal_4. La localisation du prophage dans cette région du chromosome bactérien est démontrée par les croisements Hfr $ly^+ Lac_1^+$ T1s $\times$ F^- $ly^+ Lac_1^-$ T1r, où les deux souches lysogènes perpétuent des prophages λ différents. Le prophage du parent Hfr est transmis à 30 % des recombinants alors que les caractères Lac et T1s sont transmis respectivement, dans 50 et 75 % des cas.

Il convient de noter que l'établissement chez les recombinants du prophage du parent Hfr est trois fois moins fréquent que le développement de ce prophage dans le zygote au cours des croisements Hfr $ly^+ \times F^- ly^-$.

On sait que dans un croisement Hfr $\times$ F^-, la haute fréquence de recombinaison observée ne porte que sur le segment TLLac_1 ([4]). Nous avons vérifié ce fait dans tous les croisements réalisés. La fréquence relativement élevée de la recombinaison du caractère lysogène λ permet donc de localiser le prophage λ dans ce segment.

L'élimination d'un segment chromosomique par induction spontanée du prophage λ pourrait également se produire, quoique dans une mesure difficile à évaluer, dans les croisements $ly^+ \times ly^+$ ou $F^+ ly^- \times F^- ly^+$. Elle offre un modèle qui permet peut être de rendre compte des éliminations de segments telles que celles qui ont été décrites par J. Lederberg dans les diploïdes hétérozygotes ([5]) et par W. Hayes ([4]) dans les recombinants des souches Hfr.

PHYSICOCHIMIE BIOLOGIQUE. — *Spectre d'adsorption de la sérumalbumine de Cheval au cours de la dénaturation alcaline.* Note de Mme **Barbara Robert** et Mlle **Maryse Jarrier**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Les changements constatés dans le spectre d'absorption ultraviolet de la cristalbumine de Cheval en fonction du temps de séjour en milieu alcalin à l'air ou sous oxygène peuvent être rapprochés des changements que subit dans les mêmes conditions le spectre des acides aminés contenus dans cette cristalbumine.

En milieu alcalin, la cristalbumine de Cheval subit des changements de structure : ces groupements —SH—, masqués à l'état natif, sont libérés (à pH plus grand que 8,5) et deviennent autoxydables à l'air, à pH 10 ([1]), ([2]). Le rôle des groupements —SH— dans l'oxydation des protéines en milieu

([4]) W. Hayes, *Cold Spring Harbor Symp.*, 18, 1953, p. 75.

([5]) J. Lederberg, *Proc. Nat. Acad. Sc. Wash.*, 35, 1949, p. 178.

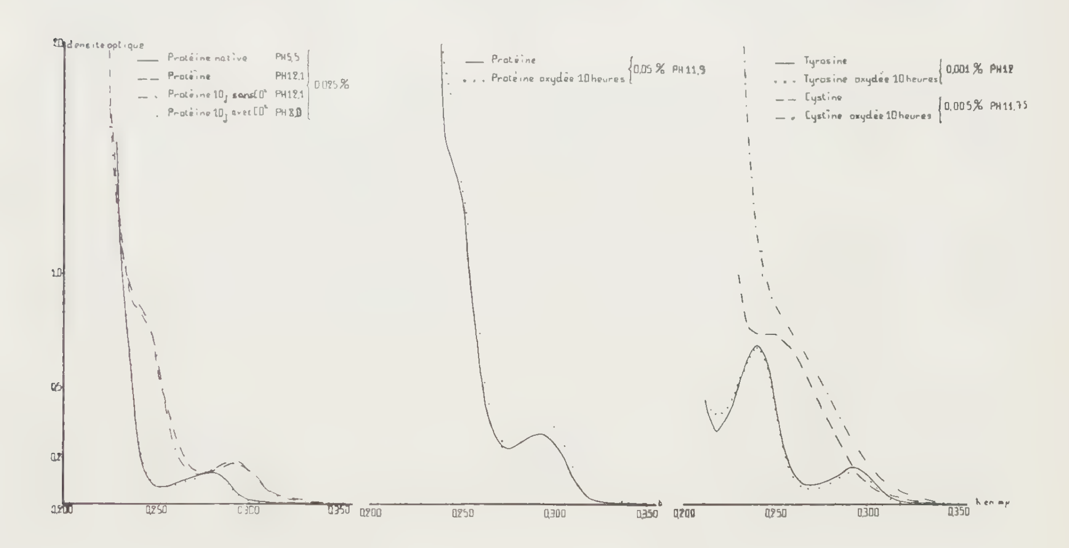
([1]) M. Macheboeuf, B. Robert, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 35, 1953, p. 335.

([2]) B. Robert, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 36, 1954, p. 253.

alcalin a été prouvé par l'étude cinétique de la réaction (méthode d'Anson : décoloration du bleu de méthylène et mesure manométrique de l'absorption d'oxygène).

L'oxydation des —SH— libérés en milieu alcalin semble être l'un des facteurs responsable de l'irréversibilité partielle ou totale de la dénaturation [3].

Sizer de plus, a montré que les acides aminés aromatiques peuvent être oxydés dans les protéines par le permanganate et par la polyphénoloxydase [4]. Il était intéressant de savoir si la tyrosine intervient aussi dans l'oxydation alcaline des protéines. Nous avons donc étudié la variation du spectre d'absorption UV (spectrophotomètres Beckman DU et Unicam) en fonction du temps et du pH pour déterminer le rôle des acides aminés dans l'oxydation



des protéines. Une solution de 0,05 % de sérumalbumine à pH 5,5 présente un spectre caractéristique. Amenée à pH 12,1 à la température ambiante et à l'air, le maximum passe de 280 à 290 mμ, le minimum de 252 à 275 mμ, et l'absorption augmente fortement entre 230 et 275 mμ, avec une inflexion nette autour de 235 mμ. En l'absence de CO_2, le pH de la solution ne varie pas, même au bout de 10 jours, et le spectre conserve ses modifications caractéristiques. Mais à l'air ordinaire le pH descend à 8 au bout de 11 jours, sous l'influence du CO_2 et le spectre devient identique à celui de la protéine native. Les modifications spectrales sont donc liées aux variations du pH, et sont réversibles dans ces conditions.

Si l'on maintient pendant 10 h une solution de même composition à pH 12 en atmosphère d'oxygène (barbotage d'O_2 sous cloche à une vitesse de 1

---

(3) G. Johansen, *C. R. Lab. Carlsberg, série chim.*, 88, 1953, p. 335.

(4) I. W. Sizer, *in Adv. in Enzymol.*, 13, 1953, p. 129.

à 2 litres par heure) à l'obscurité, l'inflexion à 240 mμ devient moins accentuée, et la densité optique augmente de 235 à 350 mμ. En répétant ces mêmes expériences avec la cystine, on constate que l'inflexion caractéristique à 245 mμ s'atténue après 10 h d'oxydation à pH 12 et l'absorption augmente partout entre 230 et 250 mμ. Pour la tyrosine, après 10 h d'oxydation à pH 12, l'intensité de la bande à 292 mμ reste inchangée, et le spectre de la tyrosine dans ces conditions n'est pas comparable à celui de la Dopa. D'autre part on ne trouve pas la bande à 340 mμ, signalée par Sizer dans les protéines oxydées par la polyphénoloxydase, caractéristique des produits d'oxydation de la tyrosine. En calculant la teneur en tyrosine de la protéine selon la méthode de Goodwin et Morton ([5]), on trouve $3,27$ et $3,09.10^{-4}$ mol. avant et après oxydation, ce qui montre également que la tyrosine ne semble pas être oxydée dans ces conditions.

Ainsi nous pouvons admettre que la tyrosine contribue aux changements du spectre UV de la protéine en milieu alcalin, mais uniquement des fonctions — SH — seraient responsables de l'absorption d'oxygène dans ces conditions.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Les destinées de la lysine dans les règnes animal et végétal.* Note (*) de MM. **Paul Boulanger** et **Roger Osteux**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

La L-lysine uniformément marquée par ^{14}C est transformée en acide pipécolique radioactif en présence d'un homogénat de foie de Cobaye; elle donne d'autre part de l'acide pipécolique et de l'acide α-amino-adipique radioactifs dans le Haricot en germination. Les voies cataboliques de la lysine semblent donc bien analogues chez les animaux et les végétaux.

Si l'on se réfère aux travaux de ces dernières années, le catabolisme de la lysine ne paraît pas suivre les mêmes voies chez tous les êtres vivants. Borsook et coll. ([1]) ont observé le passage de la L-lysine à l'acide α-amino-adipique dans les homogénats de foie de Cobaye *in vitro*, et Boulanger et Biserte ([2]) ont fait des constatations favorables à la réalité de ce processus *in vivo*; d'autre part, la transformation ultérieure en acides glutarique, α-cétoglutarique et glutamique est actuellement bien établie (Rothstein et Miller, Miller et Bale) ([3]). Plus récemment, Boulanger et Osteux ([4]) ont décelé dans le foie de Dindon la présence d'une L-diaminoacide-déshydrogénase qui préside à la

(5) G. H. Beaven, E. R. Holiday, *in Adv. in Prot. Chem.*, 7, 1952, p. 319.

(*) Séance du 26 juillet 1954.

(1) *J. Biol. Chem.*, **176**, 1948, p. 1383 et 1395.

(2) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1451.

(3) *J. Biol. Chem.*, **206**, 1954, p. 243; *Arch. Biochem. Biophys.*, **48**, 1954, p. 361.

(4) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1409; **235**, 1952, p. 524; **238**, 1954, p. 406.

désamination cyclisante de la L-lysine en acide tétrahydropyridine-carboxylique ([5]), réductible catalytiquement en acide pipécolique; le foie de Dindon contient d'ailleurs normalement de petites quantités d'acide pipécolique. Enfin, Steward et coll. ([6]), Lowy ([7]), ont démontré chez le Haricot (*Phaseolus vulgaris*) la conversion de la L-lysine en acide pipécolique et expliqué ainsi la présence de cet amino-acide en grande abondance à l'état libre dans le règne végétal.

Or, deux points méritaient d'être précisés : d'une part, l'acide α-amino-adipique que l'on rencontre également chez les végétaux a-t-il la même origine que chez les animaux supérieurs, et d'autre part, la formation de l'acide pipécolique ou d'un précurseur est-elle limitée au règne végétal et aux Gallinacés? Pour essayer de répondre à ces questions, nous avons mis en œuvre deux séries d'expériences.

1° Des haricots ont été cultivés aseptiquement en présence de L-lysine uniformément marquée par ^{14}C (5 mg de dichlorhydrate = 6,25 μc); aux 4e et 7e jours, les différents organes ont été prélevés, homogénéisés, déféqués par l'alcool acétique, déminéralisés sur échangeur d'ions, et la fraction amino-acide chromatographiée sur papier en une et deux dimensions. Les autoradiogrammes des chromatogrammes et la détermination de la radio-activité au compteur de Geiger ont donné les résultats suivants :

	Radio-activité.		
	Lysine.	Acide pipécolique.	Acide α-amino-adipique.
Radicelles, 4e jour........	+ + +	+ +	+
» 7e »..........	+ + +	+ +	—
Cotylédons, 4e »..........	+	±	+ + +
» 7e »..........	—	±	—
Feuilles, tige, 7e jour.......	—	+ +	±

La fraction anodique obtenue par électrodialyse des aminoacides des cotylédons (4e jour) a donné en chromatographie une faible tache d'acide α-amino-adipique très radioactif et une tache beaucoup plus forte d'acide glutamique présentant une très légère radioactivité.

2° Un foie de Cobaye a été homogénéisé dans deux fois son volume de solution saline selon Borsook ([1]), et 3 ml de cette préparation ont été incubés pendant 4 h à 37,5°C, en aérobiose, en présence de L-lysine uniformément marquée par ^{14}C (2 mg de dichlorhydrate = 2,5 μc). La fraction « amino-

([5]) Il s'agit très probablement d'une désamination en α, car l'acide pipécolique obtenu par réduction catalytique est racémique, ce qui implique la perte de l'asymétrie du Cα.

([6]) *J. Amer. Chem. Soc.*, 75, 1953, p. 4341.

([7]) *Arch. Biochem. Biophys.*, 47, 1953, p. 228.

acides libres », obtenue comme précédemment, a été chromatographiée sur papier, en deux dimensions. Les autoradiogrammes des chromatogrammes ont révélé la présence d'une tache très radioactive superposable à celle de l'acide pipécolique et une très faible radioactivité dans la zone de l'acide α-amino-adipique.

Ces résultats constituent des arguments sérieux en faveur de l'analogie des destinées de la L-lysine dans l'échelle des êtres vivants. Il reste encore à déterminer si les transformations lysine → α-aminoadipique et lysine → pipécolique représentent deux voies métaboliques distinctes, ou si l'acide pipécolique n'est qu'une étape dans le passage de la lysine à l'acide α-aminoadipique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Fractionnement des lipides du sérum par distribution à contre-courant.* Note de M. **Louis Douste-Blazy**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

A la suite de nos recherches concernant la séparation des lipides par chromatographie sur papier et par distribution à contre-courant ([1]), nous avons appliqué cette dernière méthode de fractionnement aux lipides du sérum et nous avons cherché à séparer les fractions phosphorées.

A partir d'un extrait lipidique de sérum humain, préparé selon la méthode de Bloor, nous avons effectué dans un appareil de type Craig, 50 transferts avec le couple de solvants suivants :

éther de pétrole (É 45-55°) 45,5 ([2]); chloroforme 9,1;

acide acétique 21,6; alcool méthylique 21,6; eau 2,2.

Les phases de chaque tube étant évaporées sous vide, nous avons déterminé, sur les résidus, le poids des lipides totaux, dosé le cholestérol, le phosphore et les acides gras estérifiés, et identifié les substances aminées (par la ninhydrine) et la choline (par le phosphomolybdate).

Les résultats, résumés dans la courbe ci-contre, conduisent aux conclusions suivantes :

1° Nous avons mis en évidence au moins neuf fractions dont six fractions phospholipidiques, numérotées de I à IX par ordre de migration décroissante.

2° La fraction I, la plus facilement entraînée par la phase légère, contient :

d'une part, du phosphore lipidique réparti en deux clochers représentant respectivement 4 et 2 % du phosphore lipidique total;

d'autre part, du cholestérol (85 % du total), des acides gras esté-

---

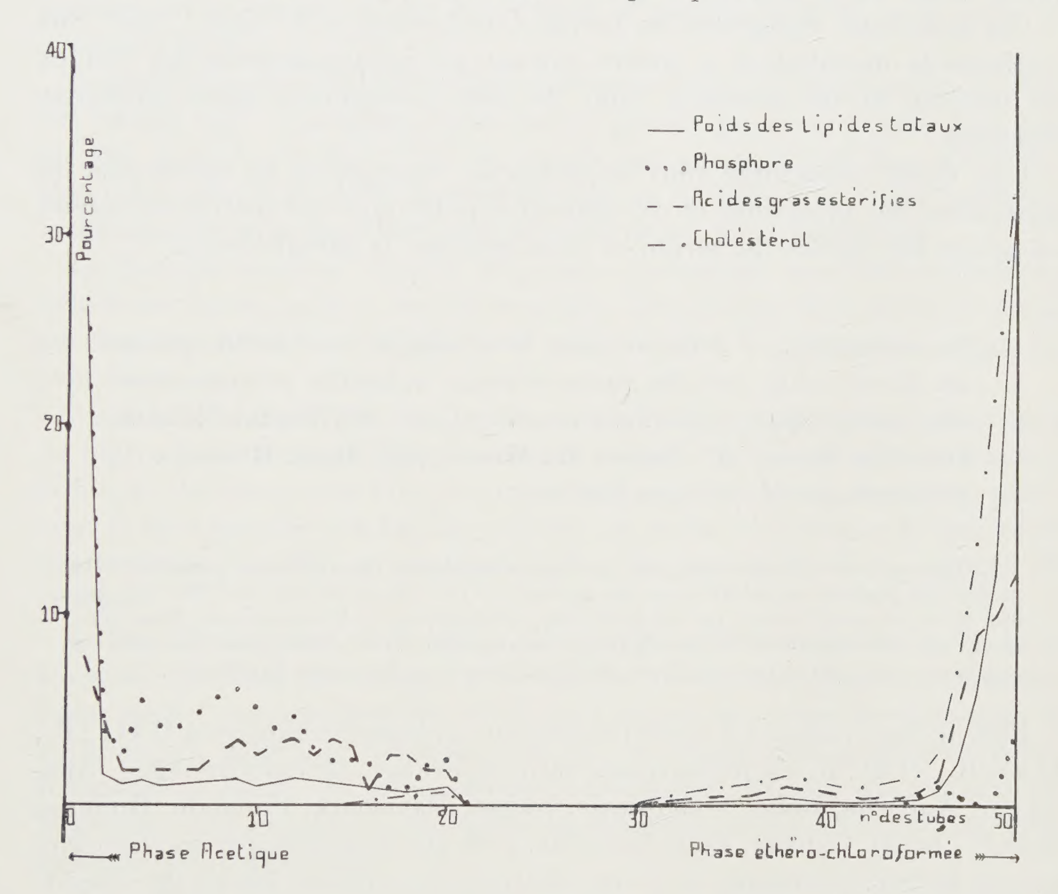
([1]) L. Douste-Blazy, J. Polonovski et P. Valdiguie. *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1643.

([2]) (°) exprimé en volumes.

rifiés (35 %), de la choline, des substances aminées qui manquent après électrodialyse de l'extrait lipidique initial : ce sont des impuretés azotées électivement accolées.

3° La fraction II, moins éthérosoluble que la première, contient du cholestérol (12 % du total), des acides gras estérifiés (8 %).

4° Nettement séparé des deux premières fractions, un ensemble de sept fractions, plus solubles dans la phase lourde, contenant toutes de la choline, et dont cinq renferment du phosphore.



Six d'entre elles sont déplacées par la phase non polaire :

fraction III, représentant : 6 % du phosphore total, 4 % des acides gras estérifiés, 3 % du cholestérol;

fractions IV et V, contenant surtout des acides gras estérifiés dans des proportions respectives de 6 et 8 %;

fraction VI, avec : 17 % du phosphore total, 8 % des acides gras estérifiés;

fraction VII, avec : 28 % du phosphore total, 14 % des acides gras estérifiés;

fraction VIII, avec : 11 % du phosphore total, 3 % des acides gras estérifiés.

Ces six fractions ne sont plus colorées par la ninhydrine après électrodialyse.

5° Une dernière fraction phosphorée, la fraction IX, insoluble dans la phase légère, ayant des propriétés hémolytiques et dont la coloration à la ninhydrine est atténuée par l'électrodialyse, renferme : 32 % du phosphore total, 14 % des acides gras estérifiés.

Ces recherches rejoignent les travaux de Lovern et de Cole ([3]) qui ont appliqué la distribution à contre-courant au fractionnement des lipides du cerveau et du placenta, dont ils sont parvenus à isoler plusieurs fractions.

Une étude analytique plus approfondie, concernant en particulier la séparation des glycérides et des phospholipides nous permettra de mieux identifier les lipides du sérum et d'en préciser le métabolisme.

MICROBIOLOGIE. — *Relation entre la sensibilité aux bactériophages des* Escherichia coli *des gastro-entérites infantiles et leurs caractères antigéniques et biochimiques.* Note (*) de MM. **Pierre Nicolle, Léon Le Minor,** Mme **Simone Le Minor** et M. **René Buttiaux** ([1]), présentée par M. Jacques Tréfouël.

La lysotypie des *Escherichia coli* des gastro-entérites infantiles est possible. Elle permet de pousser la subdivision des groupes O 111 : B_4, O 55 : B_5 et O 26 : B_6 plus loin qu'on ne peut le faire par les méthodes sérologiques et biochimiques. Dans plusieurs cas, on a démontré un parallélisme remarquable entre la sensibilité des cultures aux bactériophages et les caractères biochimiques et antigéniques flagellaires.

Plus de 3000 cultures d'*Escherichia coli* des groupes sérologiques O 111 : B_4, O 55 : B_5, O 26 : B_6 de provenances variées (France, Grande-Bretagne, Allemagne, Autriche, Italie, Yougoslavie, Suisse, Danemark, Finlande, Hongrie, A.O.F., Israël, Canada, États-Unis, etc.) ont été éprouvées par 200 bactériophages environ provenant de notre collection ou isolés de filtrats de selles de nourrissons atteints de gastro-entérite, convalescents et porteurs de germes.

1. *Gamme d'activité des phages.* — Certains phages agissent sur des cultures appartenant aux trois groupes; d'autres sur des cultures appartenant aux groupes O 111 : B_4 et O 26 : B_6; quelques-uns sur des cultures du seul groupe O 55 : B_5. Enfin plusieurs sont dépourvus d'action sur les *E. coli* des

---

([3]) P. G. Cole, G. H. Lathe et C. R. Ruthven, *Biochem. J.*, 54, 1953, p. 449-457; *Biochem. J.*, 55, 1953, p. 17-23; J. A. Lovern, *Biochem. J.*, 51, 1952, p. 464-470.

(*) Séance du 26 juillet 1954.

([1]) Avec l'assistance technique de MM. P. Ducrest et G. Brault.

G. e. i. récemment isolés, mais ils lysent des cultures anciennes (dégradées) ou des *E. coli* étrangers à la gastro-entérite infantile. Ils sont donc utiles pour le contrôle de l'identité des germes et de leur bon état de conservation.

2. *Les « images lysotypiques ».* — Parmi les phages actifs sur les *E. coli* des G. e. i., certains ont lysé toutes les cultures d'un groupe; d'autres une partie seulement. On a ainsi obtenu trois séries d'*images de réactions aux bactériophages* qui ont permis de répartir la presque totalité des cultures de chaque groupe en types bactériophagiques distincts (provisoirement 10 lysotypes pour le groupe O 111:B_4, 8 pour le groupe O 55:B_5 et 6 pour le groupe O 26:B_6).

Lorsque l'image lysotypique d'une culture à l'étude ne correspond à aucune des images déjà cataloguées, nous devons penser que cette culture n'est pas un vrai *E. coli* des G. e. i., ou qu'elle est mixte (O 111:B_4 + O 55:B_5, O 111:B_4 + O 26:B_6, O 55:B_5 + O 26:B_6), ou qu'elle est dégradée, ou enfin, éventualité devenue assez rare, qu'elle appartient à un nouveau type.

La lysotypie confirme donc le diagnostic sérologique des cultures étudiées. Elle donne même parfois une réponse plus nette. C'est ainsi que nous avons pu éliminer définitivement plusieurs cultures dont l'agglutination sur lame était douteuse.

3. *Stabilité des lysotypes.* — La plupart des lysotypes paraissent stables dans les foyers épidémiques. *In vitro*, certaines cultures se dégradent en donnant à la longue des images de plus en plus atypiques. Il est recommandé de pratiquer la lysotypie sur des bacilles récemment isolés. La méthode fournit ainsi des résultats valables, en particulier dans les études sur les épidémies de crèches.

4. *Parallélisme entre les données de la lysotypie et celles de la sérologie et de la biochimie* (Tableau I). — Dans plusieurs cas, nous avons observé un parallélisme parfait entre le lysotype d'une part et les caractères biochimiques et antigéniques flagellaires d'autre part ([2]) : à chacun des lysotypes Clichy, Bretonneau, Paris, Palerme, Saint-Christophers, Weiler, Birminghan et Warwick correspondent un antigène flagellaire et un ensemble de caractères biochimiques déterminés.

Bien qu'il soit actuellement limité à quelques lysotypes, il convient de souligner le double intérêt théorique et pratique de ce parallélisme. Une observation analogue avait été faite pour la sensibilité des *E. coli* G. e. i. aux antibiotiques et ses rapports avec certains lysotypes ([3]).

Dans d'autres cas, il arrive que plusieurs lysotypes bien distincts soient

---

([2]) On trouvera la description des caractères biochimiques et flagellaires dans la publication suivante : S. Le Minor, L. Le Minor, P. Nicolle et R. Buttiaux, *Ann. Inst. Pasteur*, 86, 1954, p. 204.

([3]) Y. Chabbert, S. et L. Le Minor et P. Nicolle, *Ann. Inst. Pasteur*, 1954 (sous presse).

pourvus du même antigène flagellaire et des mêmes propriétés biochimiques : les lysotypes Montparnasse, Sèvres, Tourcoing et Vienne ont tous l'antigène H_2 et appartiennent au biotype I. La lysotypie permet donc parfois d'effectuer une division des groupes sérologiques plus poussée que ne le permettent la sérologie et la biochimie.

TABLEAU I.

Nombre de cultures.	Provenance.	Groupe sérologique.	Réaction d'Alessandro (acide phényl-propionique).	Lysotype.	Antigène flagellaire.	Type biochimique.
114....	Paris	111 : B_4	+	Montparnasse	H_2	I
995....	Ubiquitaire	111 : B_4	+	Sèvres	H_2	I
555....	»	111 : B_4	+	Tourcoing	H_2	I
38....	Autriche	111 : B_4	+	Vienne	H_2	I
3....	France	111 : B_4	—	Clichy	H—	V
3....	Paris	111 : B_4	—	Paris	H ?	VII
14....	Palerme	111 : B_4	—	Palerme	H_{21}	VI
53....	Ubiquitaire	111 : B_4	—	Bretonneau	H_{12}	III ou IV
142....	Grande-Bretagne	55 : B_5	+	St. Christophers	H_2	D
63....	Ubiquitaire	55 : B_5	—	Weiler	H_7	E
369....	»	55 : B_5	—	Lomme	H_2, H_6, H ?	A, B_2, C
220....	»	55 : B_5	—	Béthune	H_6, H_{21}	A et G
41....	»	26 : B_6	—	Birmingham	H_{11}	2
83....	»	26 : B_6	—	Warwick	H—	I

H—, pas d'antigène flagellaire, même après épreuve de « mobilisation ».
H ?, antigène flagellaire différent de ceux qui portent les numéros de 1 à 22.

N. B. — Les lysotypes qui figurent dans ce tableau sont donnés à titre d'exemple. Leur nombre est loin d'être complet.

Enfin, on a constaté que certains lysotypes n'étaient pas antigéniquement et biochiquement homogènes : parmi les cultures du type Lomme, nous avons trouvé les antigènes flagellaires H_2, H_6 et H inconnu et les biotypes A, B_2 et C. Une observation du même ordre a été faite pour le lysotype Béthune (H_6, H_{21} ; A et G). Mais nous avons des raisons de penser qu'avec une nouvelle série de phages nous pourrons obtenir au moins autant de lysotypes qu'il a été déterminé de types par les deux autres méthodes.

La séance est levée à 15 h 35 m.

L. B.

